Avis Technique 21/11-15

Module photovoltaïque verre/polymère mis en œuvre en toiture

Procédé photovoltaïque
Photovoltaic panel
Photovoltaikpanel

InDaX 214/235

Titulaire : Société SCHOTT France SAS
6 bis, rue Fournier
F – 92110 Clichy

Tél. : +33 (0)1 40 87 39 74
Fax : +33 (0)1 40 87 39 88
E-mail : solar.sales@schottsolar.com
Internet : www.schottsolar.com

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 2 décembre 1969)

Groupe Spécialisé n° 21
Procédés photovoltaïques

Vu pour enregistrement le 23 mai 2011

Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs-sur-Marne, FR-77447 Marne-la-Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Fax : 01 60 05 70 37 - Internet : www.cstb.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB. Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site internet du CSTB (http://www.cstb.fr)
© CSTB 2011

Le Groupe Spécialisé n° 21 "Procédés photovoltaïques" de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné, le 17 février 2011, le procédé photovoltaïque "InDaX 214/235", présenté par la société SCHOTT Solar. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle sur charpentes bois avec liteaux en association avec des tuiles à emboîtement à pureau plat et des tuiles à emboîtement ou à glissement à relief à l'exception des tuiles présentant un relief supérieur à 50 mm (normes NF DTU 40.21, 40.211, 40.24, 40.241).

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire.

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance égale à 214, 225, 230 ou 235 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait".

La mise en œuvre est associée à un écran de sous-toiture.

Sa dénomination commerciale est "SCHOTT InDaX™ 214/235". Elle se décline en modèles InDaX™ 214, InDaX™ 225, InDaX™ 230 et InDaX™ 235 en fonction de la puissance crête du module (214 Wc à 235 Wc).

1.2 Identification

Les marques commerciales et les références des modules sont inscrites à l'arrière du module reprenant les informations suivantes : le nom du fabricant, les principales caractéristiques électriques du module. Cet étiquetage fait également mention du risque inhérent à la production d'électricité du module dès son exposition à un rayonnement lumineux.

Les autres constituants sont identifiables par leur géométrie particulière et chaque carton possède un étiquetage mentionnant le nom de la société, le code barre, la date de fabrication et un pictogramme de chaque élément contenu dans le carton.

2. AVIS

Le présent Avis ne vise pas la partie courant alternatif de l'installation électrique, ni l'onduleur permettant la transformation du courant continu en courant alternatif.

2.1 Domaine d'emploi accepté

Domaine d'emploi proposé au § 1.2 du Dossier Technique.

2.2 Appréciation sur le produit

2.21 Conformité normative des modules

La conformité des modules photovoltaïques cadrés à la norme NF EN 61215 permet de déterminer leurs caractéristiques électriques et thermiques et de s'assurer de leur aptitude à supporter une exposition prolongée aux climats généraux d'air libre, définis dans la CEI 60721-2-1.

2.22 Aptitude à l'emploi

2.221 Fonction génie électrique

Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques
  Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C15-100 en vigueur, pour le dimensionnement et la pose, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des conducteurs électriques.

  Les câbles électriques utilisés ont une tenue en température ambiante de – 40 °C à 125 °C et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension de 1 000 V en courant continu, ce qui permet d'assurer une bonne aptitude à l'emploi des câbles électriques de l'installation.
- Protection des personnes contre les chocs électriques
  Les modules photovoltaïques cadrés sont certifiés d'une classe d'Application A selon la norme NF EN 61730 et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe de sécurité électrique II jusqu'à 1 000 V DC.

  Les connecteurs utilisés, de marque TYCO ELECTRONICS, ayant un indice de protection IP 67, sont des connecteurs débrochables permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurant également une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.

  L'utilisation de rallonges électriques (*pour les connexions éventuelles entre modules, entre séries de modules et vers l'onduleur, ...*) équipées de connecteurs de même fabricant, même type et même marque, permet d'assurer la fiabilité du contact électrique entre les connecteurs.

  L'utilisation de cosses tubulaires en cuivre étamé et de vis M4 x 12 dans le trou fileté en partie inférieure de chaque module et de connecteurs de dérivation auto-dénudant pour un raccordement en peigne des masses métalliques permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

Sécurité par rapport aux ombrages partiels

Le phénomène de "point chaud" pouvant conduire à une détérioration du module est évité grâce à l'implantation de trois diodes bypass sur chacun des modules photovoltaïques.

Puissance crête des modules utilisés

Dénomination commerciale	Puissance crête (Wc)
InDaX™ 214	214
InDaX™ 225	225
InDaX™ 230	230
InDaX™ 235	235

2.222 Fonction Couverture

Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve :

- d'un calcul au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture pour vérifier que celles-ci n'excèdent pas :
  - 2 342 Pa sous charge de neige normale (*selon les règles NV65 modifiées*),
  - 1 028 Pa sous charge de vent normal (*selon les règles NV65 modifiées*),
- d'une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de la tenue des fixations,
- que la toiture d'implantation présente les caractéristiques suivantes :
  - entraxe maximum entre chevrons de 600 mm,
  - entraxe entre liteaux ne dépassant pas 400 mm,
  - section minimale des liteaux de 22 x 40 mm (h x l).

Étanchéité à l'eau

La conception globale du procédé (*avec notamment des couloirs drainants*) et ses conditions de pose prévues par le Dossier Technique, permettent de considérer une étanchéité à l'eau satisfaisante.

Risques de condensation

Les mises en œuvre, telles que décrites dans le Dossier Technique, permettent de gérer les risques de condensation de façon satisfaisante grâce à l'utilisation d'un écran de sous toiture sous le procédé.

Ventilation de la toiture

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque telle que décrite dans le Dossier Technique et dans la notice de pose ne vient pas perturber la ventilation naturelle de la toiture.

Sécurité au feu

Les modules photovoltaïques ne sont pas destinés à constituer la face plafond de locaux occupés.

Les critères de réaction et de résistance au feu, ainsi que le comportement au feu extérieur de toiture, prescrits par la réglementation doivent être appliqués en fonction du bâtiment concerné.

Dans le cas des Établissements Recevant du Public (*ERP*), la Commission Centrale de Sécurité (*CCS*) préconise par ailleurs la réalisation de mesures visant à assurer la sécurité des intervenants et des usagers (*voir "Avis de la CCS sur les mesures de sécurité à prendre en cas d'installation de panneaux photovoltaïques dans un ERP" – Relevé des*

Avis de la réunion du 5 novembre 2009 de la sous-commission permanente de la CSS).

Sécurité des usagers

La sécurité des usagers au bris de glace des modules est assurée grâce à un domaine d'emploi limité à la mise en œuvre du procédé sur toiture isolée ou au-dessus de combles perdus.

Sécurité des intervenants

La sécurité des intervenants lors de la pose, de l'entretien et de la maintenance est normalement assurée grâce à la mise en place :

- de dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les modules (*par exemple échelle de couvreur*),
- de dispositifs anti-chute selon la réglementation en vigueur : d'une part pour éviter les chutes au travers des modules et d'autre part, pour éviter les chutes depuis la toiture.

2.23 Durabilité - Entretien

La durabilité propre des composants, leur compatibilité, la nature des contrôles effectués tout au long de leur fabrication permettent de préjuger favorablement de la durabilité du procédé photovoltaïque dans le domaine d'emploi prévu.

Dans les conditions de pose prévues par le domaine d'emploi accepté par l'Avis, en respectant le guide de choix des matériaux (*voir le Tableau 1*) et moyennant un entretien conforme aux indications portées dans la notice de montage et dans le Dossier Technique, la durabilité de cette couverture peut être estimée comme satisfaisante.

2.24 Fabrication et contrôle

Les contrôles internes de fabrication systématiques effectués dans les usines de fabrication permettent de préjuger favorablement de la constance de qualité de la fabrication du procédé photovoltaïque.

2.25 Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque est effectuée par des installateurs avertis des particularités de pose de ce procédé grâce à une formation nominative obligatoire, disposant de compétences en couverture et titulaires d'une appellation "QUALI'PV, module Bat" pour la pose du procédé en toiture et disposant de compétences électriques et titulaires d'une appellation "QUALI'PV module Elec" pour la connexion électrique de l'installation photovoltaïque.

Le mode constructif et les dispositions de mise en œuvre relèvent de techniques classiques de mise en œuvre en couverture.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

2.31 Prescriptions communes

Ce procédé ne peut être utilisé que pour le traitement des couvertures, de formes simples, ne présentant aucune pénétration sur la surface d'implantation du procédé photovoltaïque.

Une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de la tenue des fixations est à faire à l'instigation du maître d'ouvrage.

Les modules photovoltaïques doivent être installés de façon à ne pas subir d'ombrages portés afin de limiter les risques d'échauffement pouvant entraîner des pertes de puissance et une détérioration prématurée des modules.

Afin de protéger les biens et les personnes, l'installation photovoltaïque doit être réalisée conformément à la norme électrique NF C 15-100 en vigueur.

La réalisation de l'installation devra être effectuée conformément aux documents suivants en vigueur : norme électrique NF C15-100, guide UTE C 15-712-1 et "Guide pratique à l'usage des bureaux d'étude et installateurs pour l'installation de générateurs photovoltaïques raccordés au réseau" édité par l'ADEME et le SER.

La continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque doit être maintenue, même en cas de maintenance ou de réparation.

En présence d'un rayonnement lumineux, les modules photovoltaïques produisent du courant continu et ceci sans possibilité d'arrêt. La tension en sortie d'une chaîne de modules reliés en série peut rapidement devenir dangereuse, il est donc important de prendre en compte cette spécificité et de porter une attention particulière à la mise en sécurité électrique de toute intervention menée sur de tels procédés.

2.32 Prescriptions techniques particulières

2.321 Livraison

Le manuel d'installation doit être fourni avec le procédé.

2.322 Installation électrique

Les spécifications relatives à l'installation électrique décrites au Dossier Technique doivent être respectées.

2.323 Mise en œuvre

Chaque mise en œuvre requiert une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales, au regard des contraintes maximales admissibles du procédé et une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de la tenue des fixations.

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au § 2.222 "Stabilité" doivent être respectées.

Il est nécessaire, pour assurer une bonne mise en œuvre, d'apporter une grande précision lors du calepinage du procédé (*emplacement des liteaux auxiliaires, des planches et des éléments du système de montage*), de respecter la pente définie dans le Dossier Technique (*entre 20° et 65°*) ainsi que le sens de pose des raccordements supérieurs (*de la gauche vers la droite*) et des raccordements inférieurs (*de la droite vers la gauche*).

Le montage doit impérativement être réalisé au dessus d'un écran de sous-toiture. En cas d'absence d'écran de sous-toiture, il convient d'en ajouter un sur la totalité du pan de toiture jusqu'à l'égout. Cet écran de sous-toiture devra être respirant HPV sous "Homologation Couverture" du CSTB avec un classement E1 ou sous Avis Technique avec un classement W1 selon la norme EN 13859-1. Il devra être mis en œuvre conformément aux dispositions définies soit, dans le Cahier du CSTB n° 3651, soit, dans l'Avis Technique le concernant, et complété par les indications du Dossier Technique.

La mise en œuvre ainsi que les opérations d'entretien, de maintenance et de réparation du procédé photovoltaïque doivent être assurées par des installateurs formés aux particularités du procédé "InDaX 214/235".

En cas de bris de glace ou d'endommagement d'un module photovoltaïque, un bâchage efficace doit être assuré et un remplacement de ce module défectueux réalisé dans les plus brefs délais.

2.324 Assistance technique

La société SCHOTT est tenue d'apporter son assistance technique à toute entreprise installant le procédé qui en fera la demande.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté favorablement.

Validité

Jusqu'au 28 février 2014

Pour le Groupe Spécialisé n° 21
Le Président
Georges CHAMBE

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Les applications de ce procédé, en climat de montagne (*altitude > 900 m*), ne sont pas concernées par le domaine d'emploi accepté par l'Avis.

Comme pour l'ensemble des procédés de ce domaine :

- il est recommandé d'installer les modules photovoltaïques en partie supérieure de la couverture, en complément des dispositions constructives déjà prises pour assurer l'étanchéité à l'eau entre les éléments de couverture et les modules photovoltaïques,
- chaque mise en œuvre requiert :
  - une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, , au regard des contraintes maximales admissibles du procédé,
  - une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de la tenue des fixations,
- une attention particulière doit être apportée à la mise en œuvre afin de ne pas perturber la ventilation naturelle de la toiture.

Le Groupe Spécialisé souhaite également préciser que les préconisations relatives à l'installation électrique, conformes aux prescriptions actuelles du guide UTE C 15-712-1 en vigueur, nécessitent d'évoluer parallèlement aux éventuelles mises à jour de ce guide.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 21
Nadège BLANCHARD

Dossier Technique
établi par le demandeur

A. Description

1. Description générale

1.1 Présentation

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle sur charpentes bois avec liteaux en association avec des tuiles à emboîtement à pureau plat et des tuiles à emboîtement ou à glissement à relief à l'exception des tuiles présentant un relief supérieur à 50 mm (normes NF DTU 40.21, 40.211, 40.24, 40.241).

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire.

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance égale à 214, 225, 230 ou 235 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait".

La mise en œuvre est associée à un écran de sous-toiture.

Sa dénomination commerciale est "SCHOTT InDaX™ 214/235". Elle se décline en modèles InDaX™ 214, InDaX™ 225, InDaX™ 230 et InDaX™ 235 en fonction de la puissance crête du module (214 Wc à 235 Wc).

1.2 Domaine d'emploi

- Utilisation en France européenne :
  - sauf en climat de montagne caractérisé par une altitude supérieure à 900 m,
  - uniquement au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie,
- Mise en œuvre :
  - sur toitures inclinées de bâtiment neuf ou existant, ne présentant aucune pénétration (*cheminées, sorties de toiture, fenêtres de toit…*) sur la surface d'implantation des modules photovoltaïques,
  - exclusivement sur charpente bois avec liteaux en association avec de petits éléments de couverture (*tuiles à emboîtement à pureau plat et tuiles à emboîtement ou à glissement à relief à l'exception des tuiles présentant un relief supérieur à 50 mm*),

    Les couvertures d'implantation doivent être conformes aux prescriptions des normes NF DTU 40.21, 40.211, 40.24 ou 40.241 *(notamment pour la pente et la longueur de rampant)*.
- La toiture d'implantation doit présenter les caractéristiques suivantes :
  - un entraxe maximum entre chevrons de 600 mm,
  - une section minimale des liteaux de 22 x 40 mm (h x l),
  - un entraxe entre liteaux maximum de 400 mm,
  - des versants de pente, imposée par la toiture, compris entre 36 % et 215 % (20° et 65°).
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - en mode portrait,
  - en toiture partielle et ce, sans jamais aller jusqu'aux rives latérales de la toiture (*c'est-à-dire, sur la base d'un vent perpendiculaire aux génératrices, sur une profondeur égale au 1/10ème de la hauteur du bâtiment (h) sans toutefois dépasser le 1/10ème de la largeur de ce même bâtiment (b/10))*. Le procédé ne peut pas être mis en œuvre jusqu'au faîtage ou à l'égout : au minimum, une rangée de tuiles devra être conservée entre la partie haute du champ photovoltaïque et le faîtage ainsi qu'entre la partie basse du champ photovoltaïque et l'égout.
  - sur des longueurs de rampants de toiture conformes aux normes NF DTU 40.2 (*tuiles*).
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous vent normal *(selon les règles NV modifiées*) n'excédant pas 1 028 Pa,
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous neige normale (*selon les règles NV modifiées*) n'excédant pas 2 342 Pa.
- La mise en œuvre est associée à un écran de sous-toiture.
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le tableau 1 précise les atmosphères extérieures permises.

2. Éléments constitutifs

Le procédé photovoltaïque "SCHOTT InDaX 214/235" est l'association d'un module photovoltaïque cadré et d'un système de montage spécifique lui permettant une mise en œuvre en toiture.

Tous les éléments décrits dans ce paragraphe font partie de la livraison du procédé assurée par la société SCHOTT.

2.1 Module photovoltaïque

Le module photovoltaïque (*voir la figure 1*), dont la dénomination commerciale est SCHOTT InDaX™, est fabriqué par la société SCHOTT Solar AG. La dénomination commerciale se décline en fonction de la puissance crête en modèles "InDaX™ 214, InDaX™ 225, InDaX™ 230, InDaX™ 235" respectivement pour des puissances de 214, 225, 230 et 235 Wc.

Les modules photovoltaïques ne différent que par leur puissance.

2.11 Film polymère

Deux films polymère peuvent être utilisés ayant les spécifications techniques suivantes :

- Complexe à base de PET (*Polyéthylène téréphtalate*) entre deux couches de PVF (*Polyfluorure de vinyle ou Tedlar®*).
  - Épaisseur : (0,35 ± 0,03 mm).
  - Tension diélectrique maximum admissible : 1 000 V.
- Complexe composé de PET (*Polyéthylène téréphtalate*) et d'EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*).
  - Épaisseur : (0,242 ± 0,03 mm).
  - Tension diélectrique maximum admissible : 1 000 V.

2.12 Cellules photovoltaïques

Les cellules de silicium utilisées sont fabriquées par la société SCHOTT Solar AG.

- Dénomination commerciale : MAIN-Iso,
- Technologie des cellules : polycristalline,
- Épaisseur : (200 ± 30 µm),
- Dimensions : 156 mm x 156 mm.

Au nombre de 60, ces cellules sont connectées en série et réparties en 3 colonnes de 20 cellules selon la configuration suivante :

- distance minimale entre cellules horizontalement : (3 ± 1 mm),
- distance minimale entre cellules verticalement : (5,5 ± 0,2 mm),
- distance minimale au bord horizontalement : (17 ± 0,5 mm),
- distance minimale au bord verticalement : (44 ± 0,5 mm) en haut du module et (23,5 ± 4 mm) en bas du module.

2.13 Collecteurs entre cellules

Les collecteurs entre cellules photovoltaïques sont en cuivre étamé.

2.14 Intercalaire encapsulant

Deux résines à base d'EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*) de 0,46 mm d'épaisseur peuvent être utilisées pour permettre d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

2.15 Vitrage

- Nature : verre trempé selon la norme EN 12150.
- Facteur solaire: 91,2 %.
- Épaisseur : (4 ± 0,2) mm.
- Dimensions : (1 677 ± 1) x (985 ± 2) mm.

2.16 Constituants électriques

2.161 Boîte de connexion

Une boîte de connexion de référence "SOLARLOK 1740699" fabriquée par la société TYCO ELECTRONICS est collée avec du silicone en sous-face du module.

Elle présente les dimensions hors tout suivantes :

115 mm x 135 mm x 22,5 mm.

Cette boîte de connexion est fournie avec 3 diodes bypass (*voir § 2.162*) et permet le raccordement aux câbles qui permettront la connexion des modules.

Elle possède les caractéristiques suivantes :

- Classe II de sécurité électrique.
- Indice de protection : IP 65.
- Tension de système maximum : 1 000 V DC entre polarités.
- Intensité assignée : 8,5 A.
- Plage de température : - 40 °C à + 105 °C.

2.162 Diodes bypass

Trois diodes bypass sont implantées dans chaque boîte de connexion des modules.

Chacune de ces diodes protège une série de 20 cellules.

Elles permettent de limiter les échauffements dus aux ombrages sur le module en basculant le courant sur la série de cellules suivante et évitent ainsi le phénomène de “point chaud”.

2.163 Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 1,1 m chacun dont la section est de 4 mm^2. Ces câbles se trouvent à l’arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés (*voir § 2.164*).

Ces câbles ont notamment les spécifications suivantes :

- Classe II de sécurité électrique.
- Plage de température ambiante maximum : - 40 °C à 125 °C.
- Intensité assignée : 55 A.
- Tension assignée : 1 000 V.
- Double isolation.
- Certificat TÜV selon les spécifications 2Pfg1169/08.2007.

Tous les câbles électriques de l’installation *(en sortie des modules et pour les connexions entre séries de modules et vers l’onduleur)* sont en accord avec la norme NF C 15-100, le guide UTE C 15-712-1 en vigueur, et les spécifications des onduleurs *(longueur et section de câble adaptées au projet)*.

2.164 Connecteurs électriques

Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs débrochables de marque TYCO ELECTRONICS de référence "1394461-4" et "1394462-4" possédant un système de contact à lamelles.

Ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection électrique IP 67.
- Classe II de sécurité électrique.
- Tension assignée de 1 000 V.
- Courant maximum admissible de 25 A.
- Plage de température de - 40 °C à + 105 °C.
- Résistance de contact : 1 mΩ.

Des deux câbles sortant du module, celui dont la polarité est positive est muni d’un connecteur mâle tandis que celui dont la polarité est négative est muni d’un connecteur femelle.

Les connecteurs des câbles supplémentaires *(pour les connexions entre séries de modules et vers l’onduleur)* doivent être identiques *(même fabricant, même marque et même type)* aux connecteurs auxquels ils destinés à être reliés. Pour ce faire, des rallonges doivent être fabriquées grâce à des sertisseuses spécifiques.

2.165 Connecteurs de liaison équipotentielle des masses

Chaque module possède deux trous filetés au niveau du profilé inférieur de son cadre afin d’assurer le raccordement au câble de liaison vert-et-jaune de liaison équipotentielle des masses grâce à des cosses tubulaires en cuivre étamé et vis M4 x 12 (*cosses et vis non fournies*).

Il sera nécessaire d'utiliser des câbles électriques (*conformes aux dispositions des normes NF C 15-100 et du guide UTE C 15-712*) de section 6 mm² minimum pour l'interconnexion des cadres des modules et de 16 mm² minimum pour la liaison à la prise de terre du bâtiment.
Des connecteurs de dérivation auto-dénudant (*non fournis*) doivent être utilisés pour un raccordement en peigne des masses métalliques permettant d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

2.17 Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules est composé de profils en aluminium EN AW 6060 T66 anodisé noir (*15 µm minimum).*

Chacun de ces profilés possède une géométrie particulière permettant non seulement l'évacuation des eaux de condensation mais également leur ventilation.

Le cadre des modules présente ainsi un profilé supérieur (*voir la figure* 2), un profilé inférieur (*voir la figure 3*), et deux profilés latéraux (*voir la figure 4*).

Ces profilés présentent les modules d'inertie suivants :

- Profilé longitudinal haut
  - I/v horizontal = 1,81 cm^3
  - I/v vertical = 3,88 cm^3
- Profilé longitudinal bas
  - I/v horizontal = 7,21 cm^3
  - I/v vertical = 3,46 cm^3
- Profilés latéraux
  - I/v horizontal = 1,33 cm^3
  - I/v vertical = 0,38 cm^3

Le profilé longitudinal bas du cadre des modules est percé en usine afin de prévoir la connexion des câbles de mise à la terre.

Ce profil possède quatre trous pour le fixer aux planches, deux trous permettant d’assurer la liaison équipotentielle du cadre et douze trous assurant la ventilation des modules et l’évacuation des éventuelles eaux de condensation.

Un cordon de silicone bi-composant (*les références de ce silicone ont été fournies dans le dossier d’instruction du CSTB*) est déposé entre le cadre et le module.

Les profilés du cadre sont reliés entre eux par des vis inox 3,9 x 19 mm : 2 vis à chaque angle soient 8 vis pour le cadre complet.

2.2 Système de montage

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par kit. L’installateur détermine le nombre de kits en fonction des caractéristiques du champ photovoltaïque à l’aide d’un tableur fourni par la société SCHOTT.

2.21 Description des pièces

Les tôles constituant les kits d'étanchéité sont en aluminium EN AW 1050 de 0,6 mm d'épaisseur prélaquées selon la norme NF EN 1396 avec une peinture de type polyester de (20 ± 2 µm) d'épaisseur sur primaire de (5 ± 1 µm), de teinte noire en RAL 9005. Le tableau 1 précise les atmosphères extérieures permises.

2.211 Couloir périphériques

Les couloirs périphériques (*voir la figure 5*), sont utilisés en périphérie de part et d’autre du champ photovoltaïque et permettent la liaison de l'installation photovoltaïque aux éléments de couverture adjacents.

Il en existe de deux géométries différentes (*couloirs périphériques droits et couloirs périphériques gauches*) pour traiter la partie droite ou la partie gauche de l'installation. De dimensions hors tout 149 x 1 855 mm, ces pièces ne diffèrent que d'une symétrie axiale près. La hauteur d’un même couloir périphérique varie de 25 à 23 mm afin de permettre l'emboîtement qui créé le recouvrement.

2.212 Couloir intermodules

Les couloirs intermodules (*voir la figure 6*), sont les pièces, positionnées verticalement, qui vont permettre la reprise de l'étanchéité par drainage entre deux modules.

Les couloirs sont des pièces en U légèrement coniques : les hauteurs et largeurs diffèrent afin de permettre l’emboitement qui créé le recouvrement. Les dimensions passent de 51 mm x 25 mm dans la partie haute à 47 mm x 23 mm dans la partie basse.

2.213 Supports de tuiles

Les supports de tuiles (*voir la figure 7*), ont un rôle esthétique pour la couverture. Pré-montés en usine, ils sont positionnés sur les raccordements supérieurs afin de supporter les éléments de couverture situés au-dessus du champ photovoltaïque et ainsi compenser l’épaisseur de la rangée de tuiles manquantes.

2.214 Raccordements supérieurs

Les raccordements supérieurs sont des tôles permettant la finalisation de l'installation en partie supérieure du champ photovoltaïque.

Ils présentent trois géométries différentes :

- Raccordement supérieur d'extrémité gauche (*figure 8*).
- Raccordement supérieur intermédiaire (*figure 9*).
- Raccordement supérieur d’extrémité droite (*figure 10*).

Les raccordements supérieurs d'extrémité droite et gauche sont similaires aux raccordements intermédiaires mais permettent également le raccordement avec les couloirs périphériques du champ photovoltaïque.

En conséquence, les raccordements supérieurs d'extrémité droite et gauche sont respectivement de dimensions hors tout (1190 x 493 x 55 mm) et (1 177 x 493 x 55 mm) tandis que les raccordements intermédiaires sont de dimensions hors tout (1 109 x 486 x 55 mm).

Chaque raccordement est prévu pour pouvoir s’emboîter avec le suivant. Voir vue A - *figure 8 et figure 11*

Un support en polystyrène est collé en usine en sous face des raccordements supérieurs pour des raisons esthétiques (*planéité des tôles*).

2.215 Raccordements inférieurs

De la même façon que les raccordements supérieurs, les raccordements inférieurs concernent la jonction des tuiles avec la partie basse de l'installation photovoltaïque. Ils sont également divisés en trois géométries différentes :

- Raccordement inférieur d'extrémité gauche (*figure 12*). (*Dimensions hors tout 1 220 x 401 x 7 mm*).
- Raccordement inférieur intermédiaire (*figure 13*). (*Dimensions hors tout 1 255 x 386 x 7 mm*).
- Raccordement inférieur d'extrémité droite (*figure 14*). (*Dimensions hors tout 1 420 x 401 x 7 mm*).

Les raccordements d'extrémités accueillent les couloirs périphériques, c'est pourquoi ils sont plus larges que les raccordements intermédiaires.

Ces pièces en tôle d'aluminium reçoivent en usine des bandes de tôle d'aluminium plus souple suivant EN AW 1050 d'épaisseur 0,4 mm permettant l'adaptation à la forme des tuiles par déformation.

Pour permettre un bon maintien de la partie souple sur les tuiles, les bavettes souples sont équipées en sous face sur toute la largeur d'une bande de butyl avec film de protection à retirer au moment de la pose.

Pour compléter l'étanchéité réalisée par recouvrement de 150 mm entre les raccordements inférieurs de la droite vers la gauche, 2 bandes de butyl avec film de protection à retirer au moment de la pose sont disposées verticalement sur les zones qui seront recouvertes *(Voir la figure 13 et la figure 14)*.

Pour assurer l'étanchéité entre les raccordements inférieurs et les modules au niveau des vis de fixation de ces derniers 4 bandes de butyl de 15 x 100 mm sont appliquées en usine. Les films de protection sont à retirer avec la mise en place des modules *(Voir la figure 12, la figure 13 et la figure 14)*.

2.216 Closoir mousse auto-adhésif

Des closoirs mousse auto-adhésifs, imputrescibles en polyuréthane imprégnée d'acrylate, de dimensions (30 x 60 x 1 000 mm) sont prémontés en usine sur les couloirs périphériques et les raccordements supérieurs afin de compléter l'étanchéité entre les tôles de finition et les éléments de couverture. Voir *figure 5*, *figure 8*, *figure 9*, *figure 10*.

Une bande mousse auto-adhésive et imputrescible en polyuréthane imprégnée d'acrylate (longueur 500 mm, largeur 30 mm, hauteur 60 mm), est fournie dans le kit de base. Cet élément est à recouper lors de la pose du procédé et à placer au sommet des couloirs intermodules situés en partie haute du champ photovoltaïque (*voir la figure 37, élément n° 11*).

2.217 Pattes et pointes pour fixation

Des pattes de fixation, *figure 15,* sont fournies pour permettre la fixation de chaque tôle d'abergement du kit. Chacune de ces pattes se fixe à la charpente (*liteau ou planche*) à l'aide d'une pointe.

Les pattes, en aluminium EN AW 1200, sont de dimensions (20 x 60 x 0,6) mm et les pointes sont en acier galvanisé.

2.218 Fixations faîtage

Ces profilés en aluminium extrudé EN AW 6060 T66 anodisé noir 15 *µm minimum* (*voir la figure 16*), *fixés* sur les planches supplémentaires en partie haute du champ photovoltaïque ont pour rôle de maintenir le haut des modules de la rangée supérieure par emboîtement.

2.219 Visserie

- **Pour la fixation de la rangée de modules du bas :**
  Visserie auto perceuse " WÜRTH ASSY Plus", à tête fraisée bombée, en Inox A2, de diamètre 4,5 mm et de longueur 35 mm avec rondelle étanche de diamètre 20 mm ayant une résistance à l'arrachement Pk de 110 daN dans les planches avec un ancrage de 19 mm. Les vis de fixation sont positionnées dans les trous prévus à cet effet dans le profilé inférieur du cadre.
- **Pour la fixation des autres rangées de modules et des pièces de faîtage :**
  Visserie auto perceuse "WÜRTH ASSY Plus", à tête PANHEAD, Inox A2, de diamètre 4,5 mm et de longueur 35 mm ayant une résistance à l'arrachement Pk de 147 daN dans les planches avec un ancrage de 19 mm. Les vis de fixation sont positionnées dans les trous prévus à cet effet dans le profilé inférieur du cadre.
- **Pour la fixation des planches support au droit de chaque chevron :**
  Visserie auto perceuse "WÜRTH ASSY 3.0 Plus", à tête fraisée bombée, en acier zingué, de diamètre 6 mm et de longueur 120 mm ayant une résistance à l'arrachement Pk de 457 daN avec un ancrage minimum de 50 mm. L'axe des vis de fixation sera positionné au minimum à 18 mm du bord de la planche.

2.22 Composition des kits

Les kits sont proposés en deux versions de base (v*oir la figure 17*) :

- soit en version pour un champ photovoltaïque de 2 x 2 modules (*2 lignes, 2 colonnes*) avec des extensions possibles (*extensions verticales pour plus de lignes ou extensions horizontales pour plus de colonnes*),
- soit en version "3 kWc" pour un champ photovoltaïque de 2 x 7 modules (*2 lignes, 7 colonnes*) avec des extensions possibles (*extensions verticales pour plus de lignes ou extensions horizontales pour plus de colonnes*).

Des kits supplémentaires d'extension permettent de réaliser des champs photovoltaïques de dimensions supérieures aux kits de base.

2.221 Kit de base pour un champ de 2 x 2 modules

Un kit de base pour un champ de 2 x 2 modules est constitué de :

- 2 fixations faîtage,
- 1 raccordement supérieur d'extrémité droite,
- 1 raccordement supérieur d'extrémité gauche,
- 2 couloirs périphériques droits,
- 2 couloirs périphériques gauches,
- 2 couloirs intermodules,
- 1 raccordement inférieur d'extrémité droite,
- 1 raccordement inférieur d'extrémité gauche,
- 1 closoir mousse en bande de longueur 500 mm,
- 2 sachets de pattes et pointes pour fixation des raccordements.

2.222 Kit pour une installation de 3kWc

Un kit pour une installation "3 kWc" de 2 x 7 modules InDaX^{TM} 214 est constitué de :

- 7 fixations faîtage,
- 5 raccordements supérieurs intermédiaires,
- 1 raccordement supérieur d'extrémité droite,
- 1 raccordement supérieur d'extrémité gauche,
- 2 couloirs périphériques droits,
- 2 couloirs périphériques gauches,
- 12 couloirs intermodules,
- 5 raccordements inférieurs intermédiaires,
- 1 raccordement inférieur d'extrémité droite,
- 1 raccordement inférieur d'extrémité gauche,
- 1 closoir mousse en bande de longueur 500 mm,
- 4 sachets de pattes et pointes pour fixation des raccordements,
- 35 vis 4,5 x 35 mm à tête fraisée bombée avec rondelle étanche pour la fixation des modules de la première rangée,
- 70 vis 4,5 x 35 mm PANHEAD pour la fixation des modules de la seconde rangée et des pièces de faîtage,
- 70 vis 6 x 120 mm à tête fraisée pour la fixation des planches supports.

2.223 Kit d'extension horizontale

Ce kit est utilisé pour chaque colonne de modules supplémentaires par rapport aux kits existants.

Il contient :

- 1 fixation faîtage,
- 1 raccordement supérieur,
- 1 raccordement inférieur,
- 1 sachet de pattes et pointes pour fixation des raccordements.

2.224 Kit d'évacuation des eaux de pluie

Ce kit contient un couloir intermodules.

Pour chaque kit d'extension horizontale, il est nécessaire de rajouter un kit d'évacuation des eaux de pluie par nombre de ligne de modules.

Pour un champ de 12 modules répartis en 4 colonnes et 3 lignes, un kit de base est utilisé ainsi qu'un kit d'extension verticale et deux kits d'extensions horizontales. En conséquence, il est nécessaire d'avoir deux couloirs intermodules (*2 colonnes supplémentaires*) et ce, trois fois (*puisqu'il y'a trois lignes*) donc 6 couloirs intermodules.

2.225 Kit d'extension verticale

Ce kit est utilisé pour chaque ligne de modules supplémentaires par rapport aux kits existants.

Il contient :

- 1 couloir périphérique droit,
- 1 couloir périphérique gauche,
- 1 couloir intermodules,
- 1 sachet de pattes et pointes pour fixation des raccordements.

3. Autres éléments

La fourniture peut également comprendre des éléments permettant de constituer un procédé photovoltaïque : onduleurs, câbles électriques reliant le champ photovoltaïque au réseau électrique en aval de l'onduleur… Ces éléments ne sont pas examinés dans le cadre de l'Avis Technique qui se limite à la partie électrique en courant continu.

Les éléments suivants, non fournis, sont toutefois indispensables à la mise en œuvre et au bon fonctionnement du procédé utilisé.

3.1 Liteaux auxiliaires

Liteaux auxiliaires conformes aux règles de l'art (*voir les normes NF DTU de la série 40.2*) en bois résineux (*classe d'emploi 2 suivant la norme NF EN 335 partie 2 et classement visuel ST II suivant norme NF B 52-001*), avec humidité inférieure à 20 %. Ils doivent posséder une hauteur identique aux liteaux de la toiture et avoir les dimensions suivantes : 22 x 40, 24 x 40, 27 x 40, 30 x 50 mm ou toute autre section dès lors que leurs deux dimensions sont supérieures à celles des 4 liteaux décrits ci-avant. Leur longueur devra être prise comme légèrement supérieure à la largeur du champ photovoltaïque définie au § 5 et être telle qu'ils soient en appui sur au moins 4 chevrons.

3.2 Planches

Planches en bois résineux (*classe d'emploi 2 suivant la norme NF EN 335 partie 2 et classement visuel ST II suivant norme NF B 52-001*), avec humidité inférieure à 20 %. Elles doivent posséder une hauteur identique aux liteaux de la toiture et avoir les dimensions suivantes : 22 x 200, 24 x 180, 27 x 160, 30 x 100 mm ou toute autre section dès lors que leurs deux dimensions sont supérieures à celles des 4 planches décrites ci-avant. Leur longueur doit être prise comme légèrement supérieure à la largeur du champ photovoltaïque définie au § 5 et être telle qu'elles soient en appui sur au moins 4 chevrons. Il sera nécessaire de prévoir une planche par rangée de modules et une planche pour chaque pièce de fixation faîtage (*voir la figure 19*).

3.3 Écran de sous toiture

En cas d'absence d'écran de sous-toiture, il convient d'en ajouter un sur la totalité du pan de toiture jusqu'à l'égout. Cet écran doit être respirant HPV sous "Homologation Couverture" du CSTB avec un classement E1 ou sous Avis Technique avec un classement W1 selon la norme EN 13859-1.

3.4 Câbles de mise à la terre

De section 6 mm² minimum pour l'interconnexion des cadres des modules et de 16 mm² minimum pour la liaison à la prise de terre du bâtiment.

Il est nécessaire d'utiliser des câbles électriques isolés vert-et-jaune conformes aux recommandations des normes NF C 15-100 et au guide UTE C 15-712. Ils sont reliés aux modules à l'emplacement prévu à cet effet grâce à des cosses tubulaires et des vis M4 x 12.

4. Conditionnement, étiquetage, stockage

4.1 Les modules photovoltaïques

Les modules photovoltaïques sont conditionnés par 18 dans une caisse palette. A l'intérieur, des pièces adaptées empêchent les modules de se toucher.

Pour les kits de 3 kWc, la palette est constituée de 14 modules InDaX™ 214 ou 12 modules InDaX™ 235. L'espace libéré par les 4 ou 6 modules manquants est complété par les kits d'étanchéité.

Chaque module possède un étiquetage en face arrière comprenant les informations suivantes :

- Le nom du fabricant.
- La marque commerciale du module.
- Les caractéristiques électriques du module.
- La mention du risque inhérent à la production d'électricité du module dès son exposition à un rayonnement lumineux.

Chaque caisse palette possède un étiquetage sur le petit côté comprenant les informations suivantes :

- Le nom de la société.
- Le code article de la palette.
- Le code barre de la palette.
- La date de palettisation (*jour, mois, année*).
- Le numéro de série et le code barre de chaque module.
- Les quantités.

Les caisses doivent être stockées à l'abri de la pluie.

4.2 Les kits d'étanchéité

Les raccordements d'étanchéité sont conditionnés dans des boîtes en carton. L'ensemble des pièces sont réparties dans 4 cartons différents :

- Kit de base 2 x 2.
- Kit d'extension horizontale.
- Kit d'extension verticale.
- Kit d'évacuation des eaux de pluie.

Chaque carton possède un étiquetage sur le côté comprenant les informations suivantes :

- Le nom de la société.
- Le code article.
- Le code barre.
- La date de fabrication (*semaine, année*).
- Un pictogramme de chaque élément contenu dans le carton.

Les cartons doivent être stockés à l'abri de la pluie.

5. Caractéristiques dimensionnelles

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques "InDaX 214/235"	
Dimensions hors tout (mm)	1 769 x 999 x 75
Surface hors tout (m²)	1,77 m²
Masse (kg)	24
Masse surfacique (kg/ m²)	13,5

Le système de montage des modules photovoltaïques est modulaire. De ce fait, il permet d'obtenir une multitude de champs photovoltaïques. Leurs caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

Caractéristiques dimensionnelles des champs photovoltaïques	
Largeur de champ (mm)	NbX x 999 + (NbX-1) x 6 + 80
Hauteur du champ (mm)	NbY x 1 705 + 513
Poids au m² de l'installation	13,0 kg/m²

Avec NbX : le nombre de modules disposés en largeur dans le sens parallèle à l'égout et NbY : le nombre de modules disposés en hauteur dans le sens parallèle à la pente.

6. Caractéristiques électriques

6.1 Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés "SCHOTT InDaX 214/235" ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

6.2 Sécurité électrique

Les modules cadrés "SCHOTT InDaX 214/235" ont été certifiés conformes à la Classe d'Application A de la norme NF EN 61730, et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe de sécurité électrique II.

6.3 Performances électriques

Les performances électriques suivantes des modules des panneaux ont été déterminées par flash test et ramenées ensuite aux conditions STC (*Standard Test Conditions : éclairement de 1 000 W/m² et répartition spectrale solaire de référence selon la CEI 60904-3 avec une température de cellule de 25 °C*).

Module	InDaX™ 214	InDaX™ 225	InDaX™ 230	InDaX™ 235
P_{mpp} (W)	214	225	230	235
U_{co} (V)	36,3	36,7	36,9	37,1
U_{mpp} (V)	29,5	29,8	30,0	30,2
I_{cc} (A)	8,04	8,24	8,33	8,42
I_{mpp} (A)	7,26	7,55	7,66	7,78
αT (P_{mpp}) [% / °C]	- 0,43			
αT (U_{co}) [% / °C]	- 0,33			
αT (I_{cc}) [% / °C]	+ 0,05			
Courant inverse max	20 A			

Avec :

P_{mpp} : Puissance au point de Puissance Maximum.

U_{co} : Tension en circuit ouvert.

U_{mpp} : Tension nominale au point de Puissance Maximum.

I_{cc} : Courant de court circuit.

I_{mpp} : Courant nominal au point de Puissance Maximum.

αT (P_{mpp}) : Coefficient de température pour la Puissance Maximum.

αT (U_{co}) : Coefficient de température pour la tension en circuit ouvert.

αT (I_{cc}) : Coefficient de température pour l'intensité de court circuit.

7. Fabrication et contrôles

7.1 Fabrication des modules photovoltaïques

La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre s'effectuent sur le site de la société SCHOTT Solar AG à Valasske Mezirici en République Tchèque. Ce site de production est certifié ISO 9001 et ISO 14001.

Les contrôles aux différentes étapes du processus de production consistent, pour chaque module, en :

- Contrôle dimensionnel et visuel des verres à l'aide d'une table lumineuse.
- Contrôle visuel et contrôle de la continuité électrique des séries de cellules.
- Contrôle dimensionnel de l'EVA et du film polymère.
- Contrôle visuel et contrôle de la continuité électrique de la matrice des cellules avant le passage au four.
- Inspection visuelle de l'interconnexion des cellules et des bandes de cellules.
- Contrôle de l'isolation électrique puis Flash test de chaque module en fin de fabrication pour déterminer ses caractéristiques électriques. La tolérance sur la puissance maximum de sortie est de - 0 à + 4,99 Wc.

Les données électriques sont consignées sur registre.

7.2 Fabrication du kit d'étanchéité

La fabrication des tôles d'abergement du kit d'étanchéité s'effectue sur le site de la société FAKRO à Nowy Sacz en Pologne.

Toutes les matières premières sont contrôlées dès réception, en particulier : les dimensions, épaisseur, dureté et l'adhérence de la laque de l'aluminium. Un contrôle dimensionnel et visuel en cours et en de fin de production est réalisé. Les contrôles sont consignés sur registre.

Les abergements reçoivent un numéro d'identification permettant de déterminer la date de fabrication ainsi que les bobines d'aluminium utilisées.

8. Mise en œuvre

8.1 Généralités

Le procédé est livré avec son manuel d'installation.

La mise en œuvre du procédé ne peut être réalisée que pour le domaine d'emploi défini au § 1.2 du présent Dossier Technique.

Elle doit impérativement être réalisée au-dessus d'un écran de sous-toiture afin d'évacuer la condensation pouvant se créer sous les modules.

Les modules photovoltaïques peuvent être connectés en série, parallèle ou série/parallèle.

Préalablement à chaque projet, une reconnaissance préalable de la toiture doit être réalisée à l'instigation du maître d'ouvrage afin de vérifier que les charges admissibles sur celle-ci ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé.

8.2 Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé doit être assurée par des installateurs compétents dans le domaine de la couverture (*mise en œuvre des liteaux auxiliaires et des planches supplémentaires, pose des tuiles autour du champ photovoltaïque*) ainsi que dans le domaine électrique (*raccordement des modules, branchement aux onduleurs*) et titulaires de l'appellation QUALI'PV. De plus, il est obligatoire que ces installateurs aient suivi la formation sur le procédé "InDaX 214/235". A l'issue de cette formation un certificat nominatif est envoyé aux participants.

8.3 Sécurité des intervenants

L'emploi de dispositifs de sécurité *(protections collectives harnais, ceintures, équipements, dispositifs d'arrêt…)* est obligatoire afin de répondre aux exigences en matière de prévention des accidents. Lors de la pose, de l'entretien ou de la maintenance, il est notamment nécessaire de mettre en place des dispositifs pour empêcher les chutes depuis la toiture selon la réglementation en vigueur *(par exemple, un harnais de sécurité relié à une ligne de vie fixée à la charpente)* ainsi que des dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les modules (*échelle de couvreur, …*).

Ces dispositifs de sécurité ne sont pas inclus dans la livraison. Ils peuvent être identifiés dans le "Guide pratique à l'usage des bureaux d'étude et installateurs pour l'installation de générateurs photovoltaïques raccordés au réseau" en vigueur édité par l'ADEME et le SER (*dénommé dans la suite du texte "guide ADEME-SER"*).

8.4 Spécifications électriques

8.41 Généralités

L'installation photovoltaïque doit être réalisée conformément aux documents en vigueur suivants : norme NF C 15-100, guide UTE C 15-712-1 et "guide ADEME-SER".

Tous les travaux touchant à l'installation électrique doivent être confiés à des électriciens habilités.

Le nombre maximum de modules pouvant être raccordés en série est limité par la tension DC maximum d'entrée de l'onduleur tandis que le nombre maximum de modules ou de séries de modules pouvant être raccordés en parallèle est limité par le courant DC maximum d'entrée de l'onduleur.

La tension maximum du champ photovoltaïque est aussi limitée par une tension de sécurité de 1 000 V DC *(liée à la classe II de sécurité électrique)*. Ainsi, le nombre de modules maximal pouvant être reliés en série est de 18 modules.

8.42 Connexion des câbles électriques

- **Liaison intermodules et module / onduleur**

  La connexion et le passage des câbles électriques s'effectuent sous le système de montage des modules : ils ne sont donc jamais exposés au rayonnement solaire.

  Le schéma de principe du câblage est décrit en *figure 21*.

  La connexion des modules se fait au fur et à mesure de la pose des modules *(du haut vers le bas)* avant leur fixation.

  Un autocontrôle de la connexion de chaque module doit être effectué par l'installateur à l'avancement pour s'assurer que les polarités n'ont pas été inversées.

  L'installation photovoltaïque, une fois terminée, doit être vérifiée avant son raccordement à l'onduleur grâce à un multimètre : continuité, tension de circuit ouvert…

  La liaison entre les câbles électriques des modules et les câbles électriques supplémentaires (*pour le passage d'une rangée à une autre ou pour la liaison des séries de modules au circuit électrique*) doit toujours se faire au travers de connecteurs mâles et femelle du même fabricant, de la même marque et du même type.

- **Câbles de liaison équipotentielle des masses**

  La mise à la terre du champ photovoltaïque s'effectue en peigne en récupérant, au fur et à mesure de la pose des composants, les masses métalliques des cadres des modules par l'intermédiaire de cosses tubulaires et de vis M4 x 12 dans le trou fileté prévu dans le profilé inférieur du cadre des modules.

  Le tout est relié au câble principal par l'intermédiaire de connecteurs de dérivation auto-dénudant.

- **Passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment**

  Les câbles doivent ensuite être fixés à la charpente à l'aide de colliers (*non fournis*).

  Le passage des différents câbles électriques vers l'intérieur du bâtiment doit être réalisé dans la mesure du possible entre deux lés de l'écran de sous-toiture de manière à ne pas le percer. Dans ce cas, un recouvrement minimal de 100 à 200 mm doit être respecté en fonction de la pente de la toiture. Dans le cas où le passage entre deux lés est impossible, il faut réaliser des entailles de l'écran de manière à créer des passages de diamètre inférieur à celui des câbles. Après le passage des câbles, une bande adhésive (*compatible avec l'écran de sous-toiture considéré*) devra être posée autour des entailles. Dans tous les cas, il est nécessaire de se reporter à l'"Homologation Couverture" du CSTB ou à l'Avis Technique relatif à l'écran de sous-toiture considéré.

8.5 Mise en œuvre en toiture

8.51 Conditions préalables à la pose

- Le procédé est applicable sur des couvertures en tuiles conformes aux normes NF DTU 40.21, 40.211, 40.24, 40.241 dont la pente de toiture est comprise entre 36 % et 215 % (20° et 65°).
- La toiture d'implantation doit présenter les caractéristiques suivantes :
  - l'entraxe entre chevrons est au maximum de 600 mm,
  - l'entraxe entre liteaux (*ou le pureau des éléments de couverture*) ne dépasse pas 400 mm,
  - la dimension des liteaux est au minimum de 22 x 40 mm (*h x l*).
- Une vérification au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture d'implantation doit être réalisée au regard des contraintes maximales admissibles du procédé, à savoir :
  - 2 342 Pa sous charge de neige normale (*selon les règles NV65 modifiées*).
  - 1 028 Pa sous vent normal (*selon les règles NV65 modifiées*).

- De plus, la pose du procédé n'est possible qu'après une vérification à l'instigation du Maître d'Ouvrage concernant la solidité de la charpente d'implantation au regard du poids du procédé et des charges climatiques du chantier.

8.52 Préparation

Dans le cas d'un bâtiment existant, il convient en premier lieu de découvrir la zone d'implantation des éléments de couverture existants sur la surface hors tout du champ photovoltaïque dont les dimensions sont indiquées dans le § 5 en y rajoutant un ou deux rangs d'éléments de couverture latéralement et en partie supérieur. Le rang de tuiles définitif en partie basse doit être conservé.

En cas d'absence d'écran de sous-toiture, il convient d'en ajouter un sur la totalité du pan de toiture jusqu'à l'égout. Cet écran de sous-toiture doit être mis en œuvre conformément aux dispositions définies, soit dans l'Avis Technique le concernant, soit dans le Cahier du CSTB n° 3651 dans le cas d'un écran de sous toiture sous "Homologation" du CSTB.

Pour les tuiles à relief, le calepinage du champ photovoltaïque devra être effectué de sorte que les parties latérales soient réalisées conformément aux figure 28, figure 29, figure 30, figure 31.

Pour les tuiles à emboîtement à pureau plat, le calepinage du champ photovoltaïque doit obligatoirement être effectué de façon à ce que les extrémités des raccordements inférieurs se situent en partie médiane d'une tuile entière, à une distance des bords de cette tuile d'au moins ¼ de sa largeur : se référer à la figure 23.

Avant de poser le procédé, il est nécessaire de mettre en place et d'amener en toiture les câbles électriques qui permettront la connexion des séries de modules vers l'onduleur.

8.53 Pose du procédé photovoltaïque

8.531 Montage des planches et liteaux auxiliaires

En premier lieu, il est nécessaire d'ajouter des planches sur la surface d'implantation des modules. Ces planches, non fournies, voir le § 3, doivent être positionnées perpendiculairement aux chevrons. La première planche, en bas du champ photovoltaïque, doit être mise en place à 70 mm du bord supérieur des tuiles. Par la suite et en fonction de la longueur de rampant de l'installation, il est nécessaire d'en ajouter d'autres avec un entraxe de 1 705 mm, distance correspondant au pas des modules (*voir la figure 19*).

Ces planches permettent la fixation des modules. Elles sont fixées au droit de chaque chevron par deux vis "Würth ASSY 3.0 Plus" 6 x 120 mm (*fournies*) en respectant une distance d'au moins 42 mm de l'extrémité de la planche et 18 mm de chaque bord.

De la même façon, il est nécessaire d'ajouter des liteaux auxiliaires (*non fournis, voir § 3*). Ces liteaux sont placés sous les modules, perpendiculairement aux chevrons, et ont pour but de reprendre une partie des charges en pression. L'implantation des liteaux auxiliaires doit respecter les conditions suivantes (*voir la figure 18*) :

- Un liteau auxiliaire en partie basse de l'installation à 170 mm au dessus de la planche inférieure,
- Trois liteaux auxiliaires en partie haute de l'installation à 150 mm, 350 mm, 450 mm au-dessus de la dernière planche,
- Pour chaque rangée de modules, il conviendra de prévoir 2 liteaux auxiliaires pour les sections 30 x 50, 3 pour les sections 27 x 40, 4 pour les sections 24 x 40 et 22 x 40.

Ces liteaux auxiliaires doivent être fixés au droit de chaque chevron avec des pointes pour usage courant (*non fournies*). Si un liteau existant est déjà présent à cet endroit et si sa section est inférieure à celle du liteau auxiliaire prévu, ce liteau existant devra être remplacé.

8.532 Calepinage du procédé photovoltaïque

Les couloirs intermodules devant être positionnés avant les modules, il est indispensable de prendre tous les repères nécessaires pour permettre le calepinage des modules photovoltaïques sur la charpente. A l'aide d'un cordeau, il convient de tracer un ensemble de traits verticaux et horizontaux correspondant respectivement à la position des couloirs intermodules et à la partie basse des modules (*voir la figure* 20).

Sauf impossibilité, le premier module doit être positionné de manière à éviter d'avoir à couper des tuiles sur le bord gauche du champ photovoltaïque. Il convient ainsi de prendre en général 65 mm d'écart entre les tuiles du côté gauche et la première colonne de modules photovoltaïques. Dans ce cas, le premier trait vertical est tracé à 65 mm du bord des tuiles (*côté gauche*). Le second trait vertical est positionné à 955 mm à droite du premier trait. Ce second trait correspond au bord gauche du premier couloir intermodules. Les autres traits verticaux sont tracés de la gauche vers la droite en prenant en compte une largeur de 50 mm pour les couloirs intermodules et un espacement horizontal de 955 mm entre couloirs intermodules.

De la même façon, le premier trait horizontal, situé en partie basse du champ photovoltaïque, est positionné à 120 mm au-dessus du bord supérieur des tuiles. Ce trait correspond à la partie inférieure des modules placés en partie basse de l'installation. Les traits horizontaux suivants sont tracés tous les 1 705 mm du bas vers le haut : ils matérialisent la partie inférieure des différents modules ou de la "fixation faîtage" en partie haute de l'installation (*la distance de 1 705 mm correspond au pas des modules dans le sens de la pente*).

La rectangularité du calepinage ainsi tracée sera vérifiée en s'assurant de l'égalité des diagonales.

8.54 Pose en partie courante de toiture

8.541 Mise en place des "fixations faîtage"

Les "fixations faîtage" doivent être placées en partie supérieure de l'installation, sur la planche supplémentaire installée préalablement. Une fixation faîtage vient se positionner grâce aux traits verticaux et horizontaux tracés précédemment : la partie basse de la "fixation faîtage" est positionnée au droit du trait horizontal situé en partie haute de l'installation et entre les traits verticaux matérialisant les couloirs intermodules.

Ce profilé aluminium est fixé en quatre points sur la planche supplémentaire à l'aide des vis WÜRTH (*voir le § 2.219*), positionnées dans les emplacements prévus à cet effet.

8.542 Mise en place des couloirs périphériques

Les couloirs périphériques peuvent être mis en place sur les extrémités droite et gauche du champ photovoltaïque grâce aux deux lignes verticales, qui marquent les bords des modules périphériques, signifiées grâce au cordeau.

Le bord des couloirs périphériques présentant un pli en angle droit est à orienter du côté du champ photovoltaïque. Ils doivent être mis en place du bas vers le haut avec un recouvrement de 150 mm sur le couloir périphérique déjà installé. En partie basse, les couloirs périphériques sont à fleur avec le bas des modules (*se repérer avec les tracés au cordeau*).

Fixer chaque couloir à l'aide de 2 pattes et pointes de fixation. Celles-ci sont positionnées du côté extérieur au champ photovoltaïque (*elles seront donc sous les éléments de couverture*).

8.543 Mise en place des couloirs intermodules

Les couloirs intermodules viennent se positionner verticalement entre chaque colonne de modules. Leur emplacement est repéré grâce aux écarts de 50 mm tracés au cordeau.

Les couloirs intermodules doivent être mis en place du bas vers le haut avec un recouvrement de 150 mm sur le couloir intermodule déjà installé. En partie basse, les couloirs intermodules sont à fleur avec le bas des modules (*se repérer avec les tracés au cordeau*).

Chaque couloir intermodule présente, en partie supérieure, un trou de fixation (*de 3 mm de diamètre à 15 mm du bord du couloir*) : chaque couloir est ainsi fixé par une pointe, soit sur un liteau existant s'il existe, soit sur un liteau rajouté. Cette fixation est cachée par le recouvrement du couloir intermodule situé juste au-dessus.

En partie supérieure du champ photovoltaïque, le dernier couloir doit venir s'insérer entre 2 "fixation faîtage" et dépasser de 150 mm au-dessus. Un closoir autocollant en mousse (*fourni*) de 50 mm doit alors être positionné dans le couloir, juste au-dessus de la "fixation faîtage" (*voir la figure 36*).

8.544 Mise en place des raccordements supérieurs

Les raccordements supérieurs doivent être mis en place de gauche à droite.

Le raccordement supérieur d'extrémité gauche du champ photovoltaïque vient s'emboîter dans le couloir périphérique gauche de l'installation. La forme des pièces permet un recouvrement vertical de 150 mm.

Côté supérieur du champ photovoltaïque, ces pièces s'insèrent dans les tôles de "fixation faîtage" : la rainure du bord inférieur s'accroche au retour en U des pièces de "fixation faîtage" (*voir la figure 9 et la figure 36*).

Avec son côté gauche, chaque raccordement supérieur est inséré dans l'agrafe en Z prévue à cet effet sur le raccordement précédent. (*Voir figure 8 et figure 11*). La forme des pièces permet un recouvrement transversal de 109 mm.

Chaque raccordement supérieur est fixé sur ses bords supérieurs à l'aide de deux pattes et pointes de fixation (*toujours situées du côté extérieur du champ photovoltaïque*). Les raccordements supérieurs droite et gauche ont un point de fixation supplémentaire en partie latérale par une patte et pointe. Pour fixer l'avant dernier raccordement supérieur, attendre que le raccordement supérieur d'extrémité droite ait été posé et inséré.

De plus, de la même façon que pour le côté gauche, le raccordement supérieur d'extrémité droite vient en appui sur le couloir périphérique droit de l'installation avec un recouvrement vertical.

8.545 Remise en place des éléments de couverture

Poser les éléments de couverture sur la partie supérieure du raccordement d'étanchéité du champ photovoltaïque. Le recouvrement minimal doit être de 100 mm et peut aller jusqu'à 370 mm. Si nécessaire, couper le bas des tuiles.

Poser les éléments de couverture sur les parties latérales du champ photovoltaïque. Le bord de la tuile, côté champ photovoltaïque, doit venir à l'aplomb du relevé vertical intermédiaire du couloir périphérique ou être décalé au maximum de 10 mm de celui-ci. Si nécessaire, rectifier la coupe des tuiles (*voir la figure 26 et la figure 27*).

Pour s'adapter aux tuiles, les closoirs en mousse sont à découper à la forme en sous face.

Patienter avant de mettre en place les éléments de couverture situés en partie basse de l'installation photovoltaïque pour permettre la mise en place des raccordements inférieurs.

8.546 Mise en place des modules photovoltaïques

Les modules photovoltaïques doivent être positionnés en mode "portrait" du haut vers le bas.

Il convient de vérifier les connecteurs électriques avant la pose. Lors du montage, attention à ne pas coincer ou plier les câbles électriques, ni à les soumettre à des contraintes de traction.

Les modules des colonnes d'extrémité droite et gauche viennent se positionner entre le couloir périphérique et le couloir intermodules. Les autres modules viennent se placer entre deux couloirs intermodules.

En partie supérieure de l'installation, il faut faire glisser le module dans la pièce "fixation faîtage" en le soulevant par son bord inférieur. Le module est bien positionné si le bord inférieur du module coïncide avec le repère tracé préalablement au cordeau.

Les autres rangées de modules, situés en dessous des premiers modules constituant la première rangée côté faîtage, sont maintenues grâce à la géométrie particulière des cadres : les modules sont ainsi insérés dans le profilé inférieur du module de la rangée supérieure. Les vis de fixation des profilés inférieurs jouent le rôle de butée pour les profilés supérieurs emboîtés (*voir la figure 35*).

La fixation des modules superposés induit une ventilation sous chaque module permettant d'éviter la condensation. De plus, la géométrie des profilés inférieurs des cadres des modules permet éventuellement de récupérer l'eau condensée pour la ramener au-dessus du module situé juste en-dessous (*présence de 12 trous de diamètre 8 mm créant une surface d'ouverture totale de 603 mm^2 par module*).

Chaque module est fixé, en partie basse, dans les planches supplémentaires (*voir § 3.2*) à l'aide de 4 vis "WÜRTH ASSY Plus", à tête PANHEAD Inox A2, de diamètre 4,5 mm et de longueur 35 mm (*fournies*) positionnées dans les emplacements du cadre prévus à cet effet.

Un écartement de 6 mm doit être respecté dans le sens horizontal entre deux modules.

Avant de monter la dernière rangée de module, il est nécessaire de mettre en place les raccordements inférieurs.

8.547 Mise en place des raccordements inférieurs

La mise en place de ces tôles doit se faire de droite à gauche.

Ainsi, sur les extrémités de l'installation photovoltaïque, il est nécessaire de faire glisser le raccordement inférieur sous le couloir périphérique et sous le couloir intermodules. La ligne de pliage de la tôle constituant le raccordement inférieur doit venir à fleur de la partie inférieure des couloirs (*se référer aux traits de cordeau*). Le recouvrement longitudinal entre les couloirs intermodules et les raccordements inférieurs est alors de 120 mm. L'excroissance à l'extrémité des raccordements inférieurs d'extrémité gauche et droite doit être pliée autour du couloir périphérique (*voir la figure 39*). Enfin, le raccordement inférieur doit être fixé à l'aide de 2 pattes et pointes sur le liteau.

Avant de mettre en place les raccordements inférieurs intermédiaires, il convient de retirer à chaque fois les films de protection du butyl venant compléter l'étanchéité réalisée par recouvrement.

Les raccordements inférieurs intermédiaires sont montés sur le même niveau horizontal que les précédents. Faire glisser les raccordements inférieurs sous les couloirs intermodules. Le recouvrement des raccordements inférieurs est de 150 mm. Pour une étanchéité de l'ensemble, exercer une pression dans la zone du butyl

Fixer chaque couloir intermodules en partie basse du champ photovoltaïque à l'aide de 2 pattes et pointes.

Enfin, retirer le film de protection située sous la bavette souple pour lui permettre de recouvrir et de se coller aux éléments de couverture par marouflage. Avant de réaliser ce collage, bien s'assurer que le support est propre, sec et nettoyé de la poussière.

8.548 Mise en place des modules photovoltaïques inférieurs

Poser la dernière rangée de modules photovoltaïques comme les rangées précédentes, en emboîtant le haut des modules dans la rangée supérieure et en posant le bas sur les raccordements inférieurs sans oublier de retirer préalablement le film de protection du butyl au niveau des vis de fixation des modules. Fixer ces modules de la rangée inférieure avec les vis "WÜRTH ASSY Plus", à tête fraisée bombée de diamètre 4,5 mm et de longueur 35 mm, en Inox A2, avec rondelle étanche.

8.549 Finalisation

Mettre en place les éléments de couverture en partie inférieure autour du champ photovoltaïque

9. Formation

La société SCHOTT organise une formation sur le procédé "InDaX 214/235". Cette formation est avant tout dispensée aux distributeurs et éventuellement à des installateurs réguliers. Ce sont ensuite les distributeurs qui forment les installateurs. Le support de formation est alors fourni par la société SCHOTT.

Cette formation se décline en deux parties :

- L'une pour la théorie : introduction de SCHOTT, sécurité des intervenants, exigences de qualité, description du procédé…
- L'autre pour une démonstration concrète d'une installation avec le procédé photovoltaïque sur un toit.

A l'issue de cette formation un certificat nominatif établi par SCHOTT est envoyé aux participants, y compris dans le cas où les installateurs sont formés par les distributeurs.

10. Distribution et assistance technique

Le procédé est commercialisé exclusivement par les distributeurs de la société SCHOTT.

La société propose une assistance technique pour un accompagnement sur chantier (*à la demande du client*).

De plus, une hotline en France est également à disposition pour répondre à toute question technique. Si nécessaire, un lien direct avec les chefs de produits et/ou le département du développement est mis en place.

11. Utilisation, entretien et réparation

Les interventions sur le procédé doivent être réalisées dans le respect du code du travail et notamment de la réglementation sur le travail en hauteur.

Il est impératif que les opérations de maintenance et de réparation soient effectuées par des intervenants qualifiés. Ces opérations requièrent des compétences en électricité et en couverture.

Avant toute intervention sur les modules photovoltaïques, ceux-ci doivent être mis hors tension par un interrupteur sectionneur sous peine de voir apparaître des arcs électriques. Avant toute maintenance sur le procédé, déconnecter l'onduleur du côté courant alternatif puis du côté courant continu.

11.1 Maintenance du champ photovoltaïque

Au fil du temps, diverses salissures auront tendance à se déposer sur la vitre recouvrant les cellules solaires, ce qui diminue la transmission de la lumière et, par conséquent, le rendement électrique des modules. Il faut donc prévoir au minimum un entretien annuel.

En fonction du degré de salissure (*fientes, feuilles mortes, …*), il convient de nettoyer la vitre supérieure. Pour éviter d'endommager les modules, le nettoyage doit avoir lieu avec une éponge non grattante ou un chiffon. Ne pas utiliser d'eau sous pression ou d'appareils à nettoyage à moteur.

Les consignes suivantes doivent être respectées en cas d'intervention sur l'installation photovoltaïque :

- Ne pas marcher sur le procédé photovoltaïque.
- Ne jamais toucher aux câbles électriques.
- Ne rien laisser tomber sur les modules photovoltaïques.
- Ne pas exercer de contraintes sur les câbles électriques.
- Ne jamais déconnecter les connecteurs sous tension.
- Ne jamais couper les câbles électriques.

11.2 Remplacement d'un module

En cas de bris de glace de la vitre ou d'endommagement d'un module photovoltaïque, il convient de le faire remplacer. Pour ce faire, il suffit de les désinstaller du bas vers le haut. Pour chaque module, il faut : dévisser les 4 vis qui le fixent, soulever le module et le retirer légèrement jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'emboîtement, mettre le module sur le côté puis déconnecter la liaison équipotentielle. Le module défectueux est déposé et remplacé par un module neuf. Le remontage s'effectue conformément au § 8.

B. Résultats expérimentaux

Les modules cadrés ont été testés selon la norme NF EN 61215 : Qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par les laboratoires VDE et TÜV Rheinland.

Les modules cadrés ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme étant de Classe de sécurité électrique II et appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par les laboratoires VDE et TÜV Rheinland.

Le procédé photovoltaïque a été testé par le TÜV Rheinland selon la norme NF EN 12179 pour un essai de résistance à la pression du vent et de la neige.

C. Références

Le procédé photovoltaïque "InDaX 214/235" est fabriqué depuis mars 2010.

Environ 18 000 m² de ce procédé ont été installés en France.

Tableaux et figures du Dossier Technique

Matériau	Revêtement de finition sur la face exposée	Atmosphères extérieures							
		Rurale non pollué	***Industrielle ou urbaine***		***Marine***				***Spéciale***
			Normale	*Sévère*	*20 km à 10 km*	*10 km à 3 km*	*Bord de mer* (< 3 km)*	*Mixte*	
Aluminium (cadre du module)	Anodisé noir 15µm	•	•	□	•	•	□	□	□
Aluminium (*Tôles de finition*)	Laqué polyester 25µm	•	•	□	•	•	□	□	□

Les expositions atmosphériques sont définies dans l'annexe A de la norme XP P 34.301, NF P 24-351.

• : Matériau adapté à l'exposition.

□ : Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant.

** : à l'exception du front de mer.*

Tableau 1 – Guide de choix des matériaux selon l'exposition atmosphérique

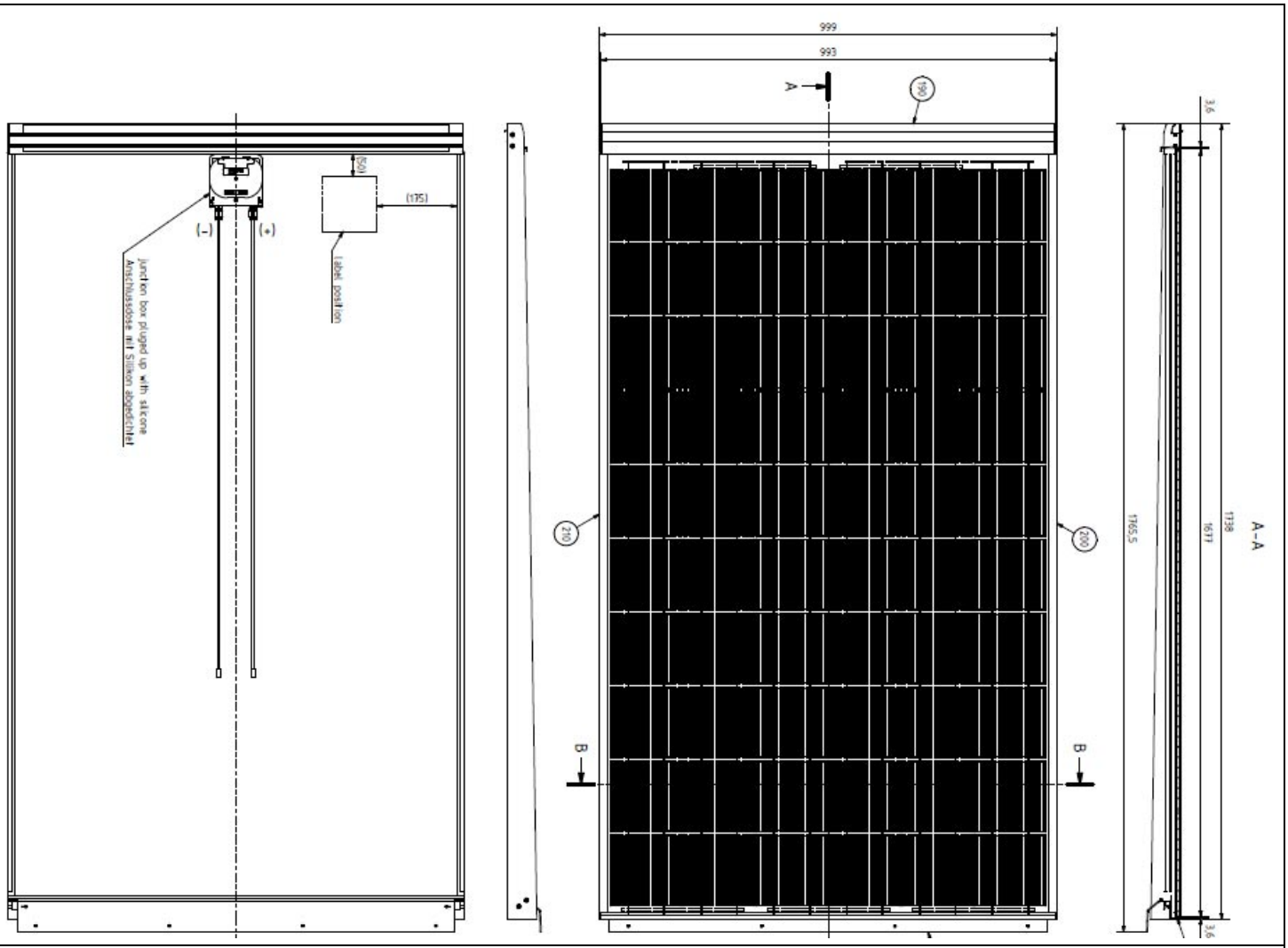


Figure 1 – Module photovoltaïque

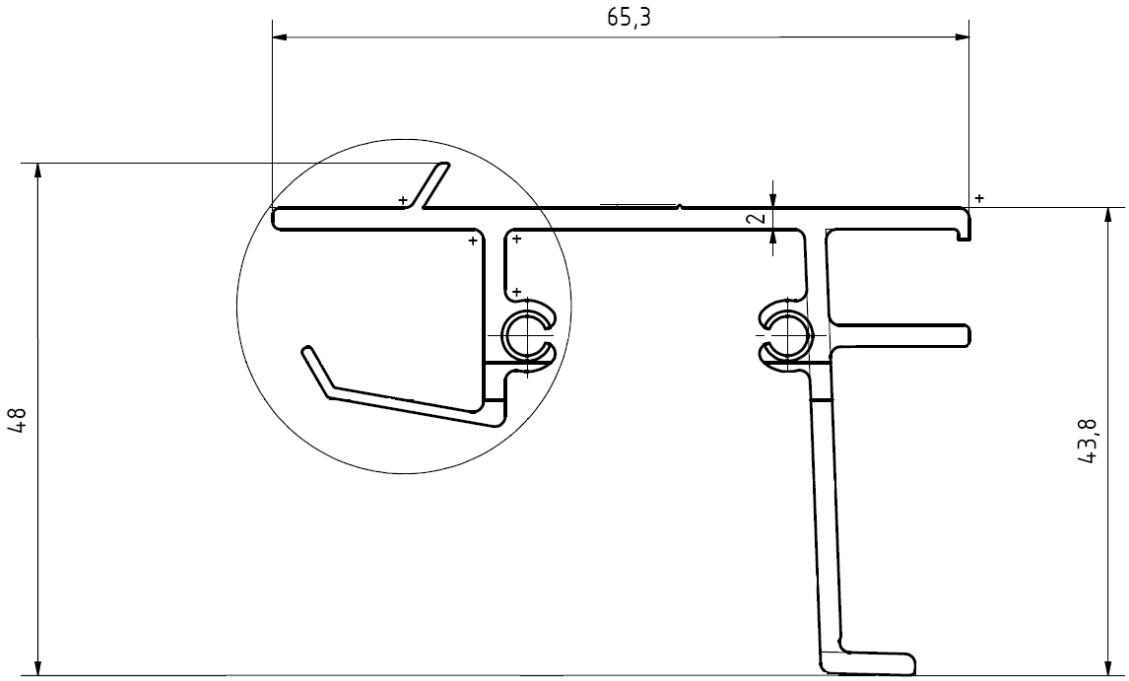


Figure 2 – Schéma du profilé supérieur des cadres des modules "InDaX 214/235"

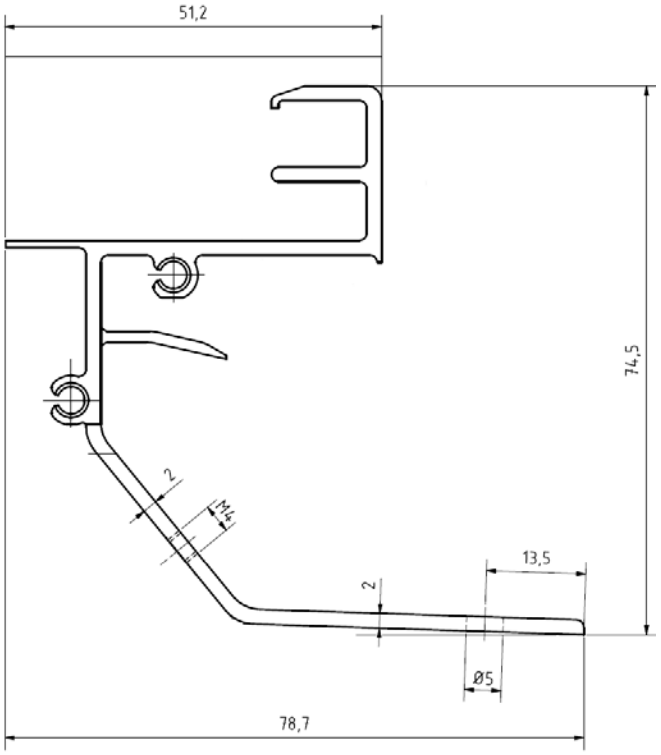


Figure 3 – Schéma du profilé inférieur des cadres des modules "InDaX 214/235"

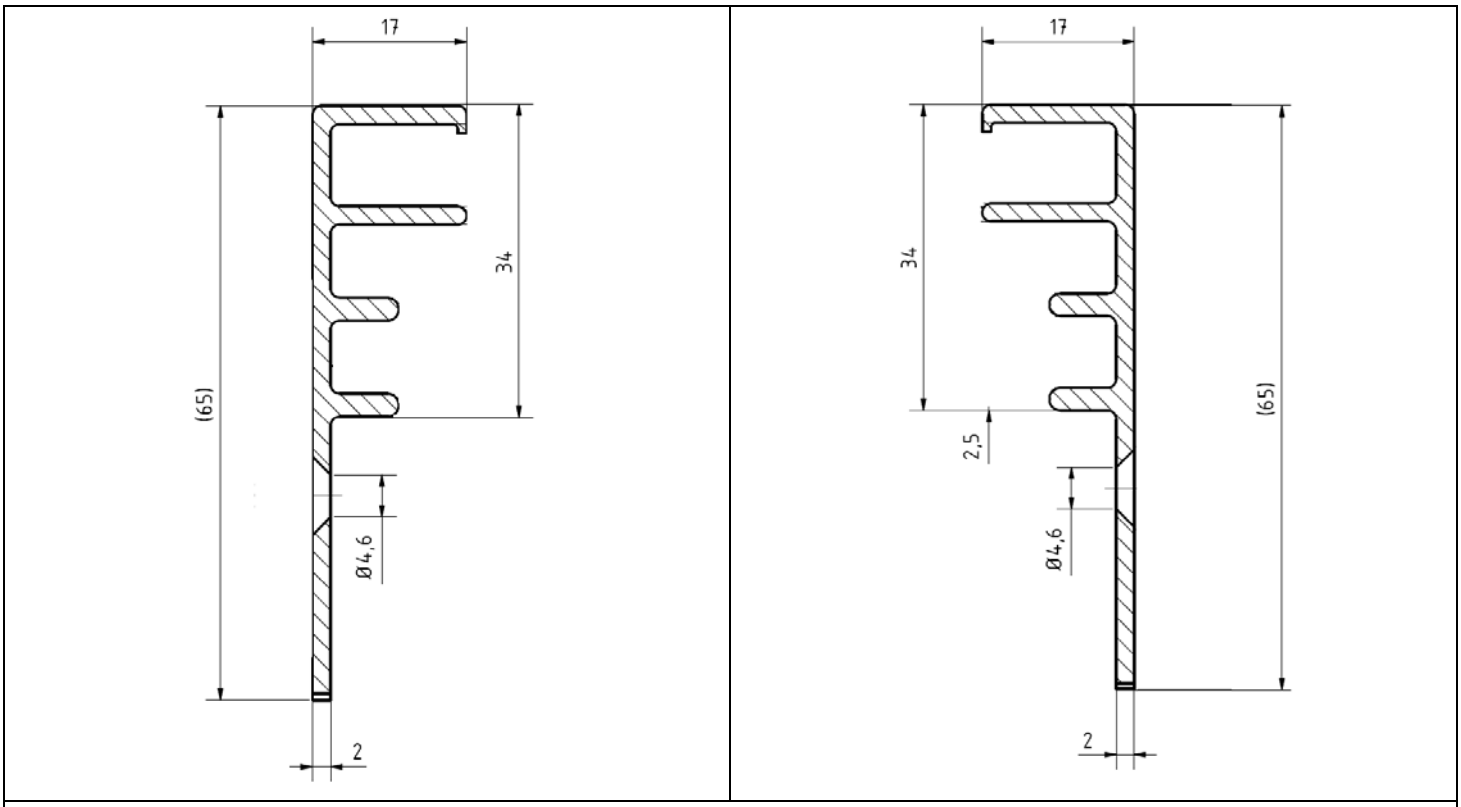


Figure 4 – Schéma des profilés latéraux des cadres des modules "InDaX 214/235"

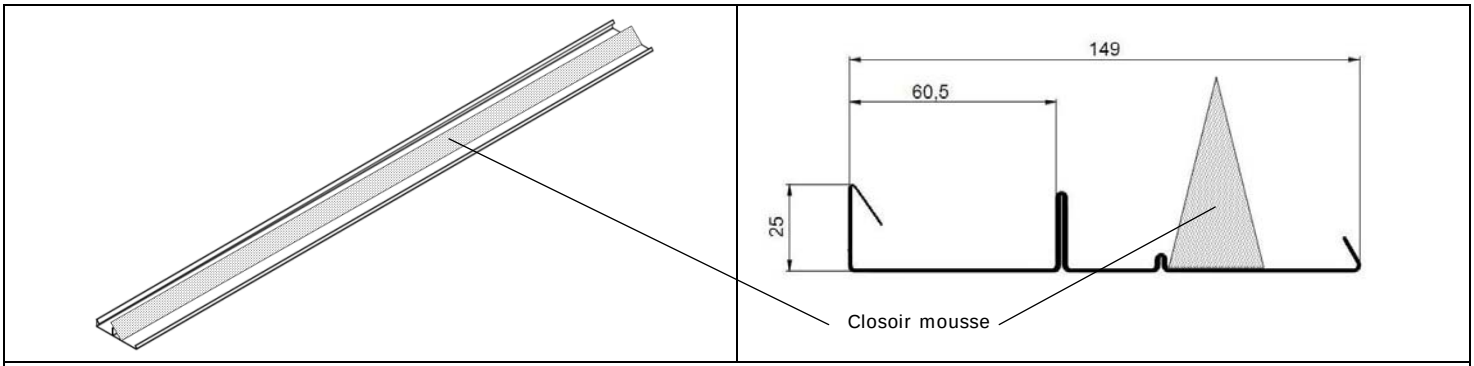
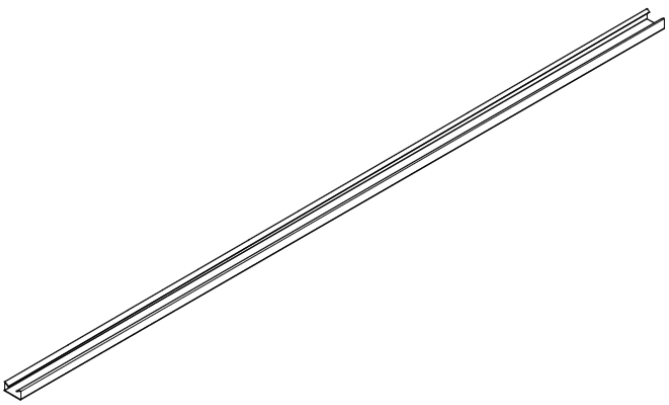


Figure 5 – Couloir périphérique



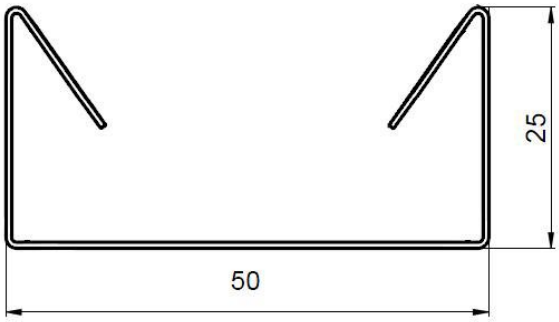


Figure 6 – Couloir intermodules

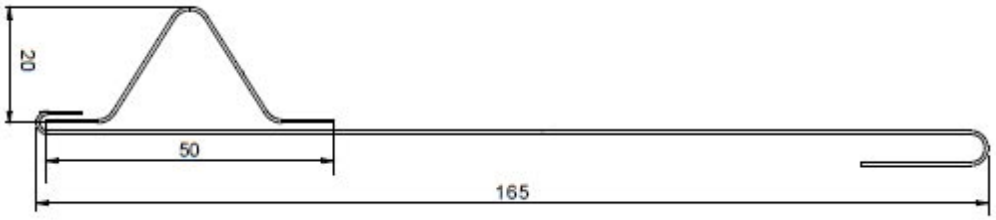


Figure 7 – Support de tuiles

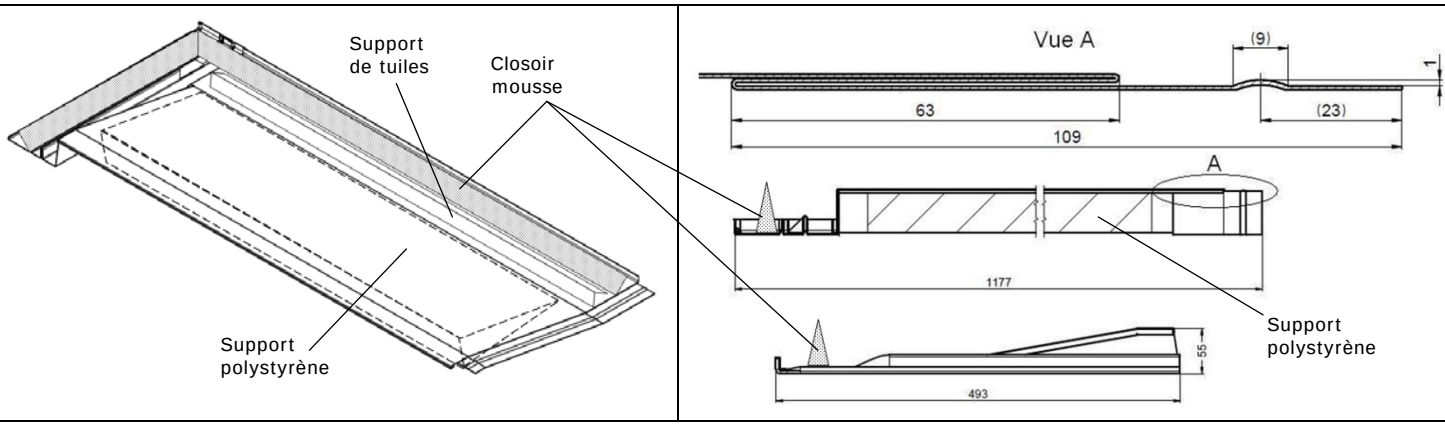


Figure 8 – Raccordement supérieur d'extrémité gauche

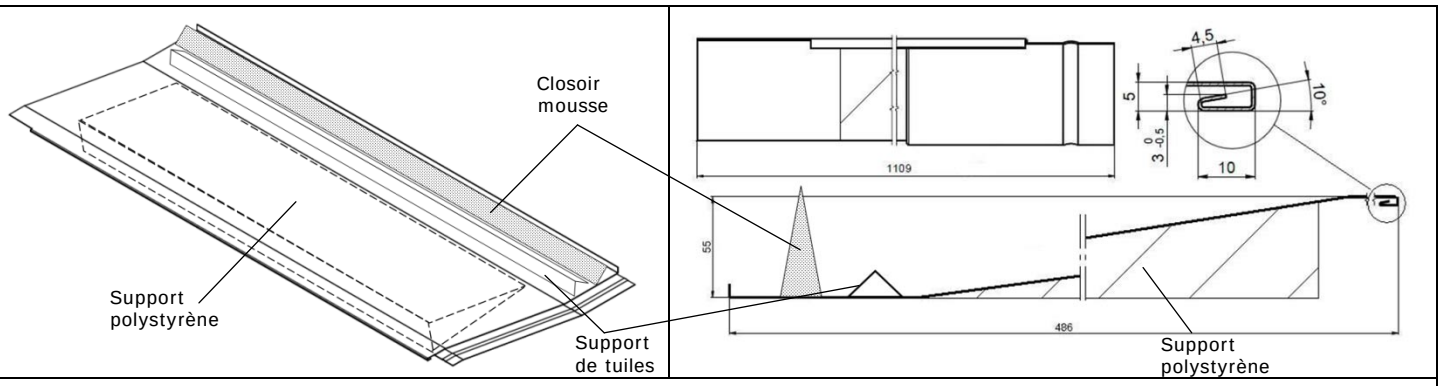


Figure 9 – Raccordement supérieur intermédiaire

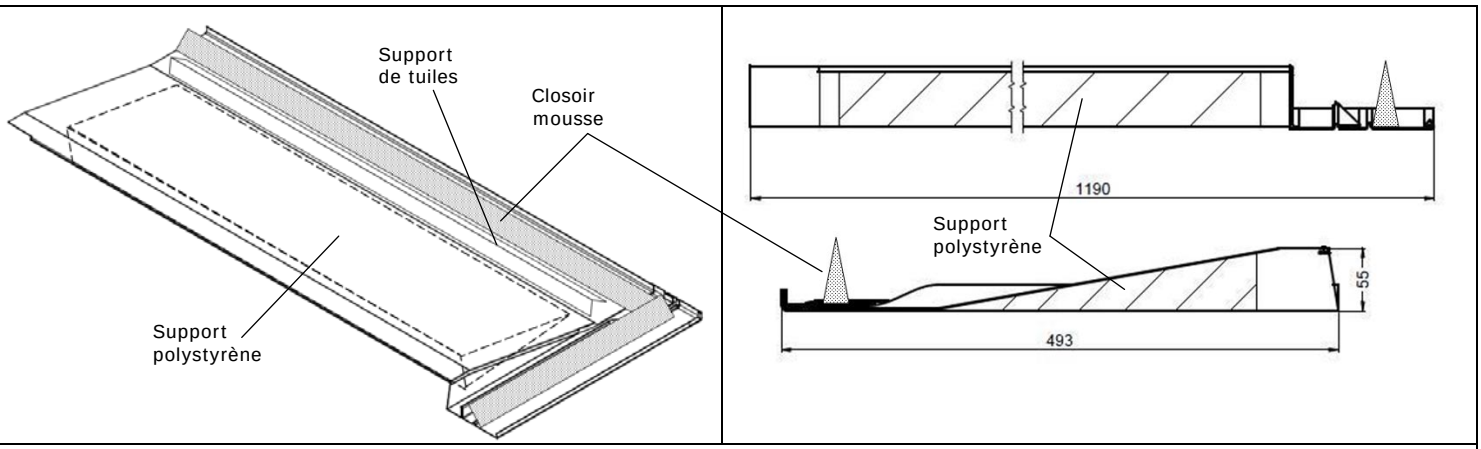


Figure 10 – Raccordement supérieur d'extrémité droite

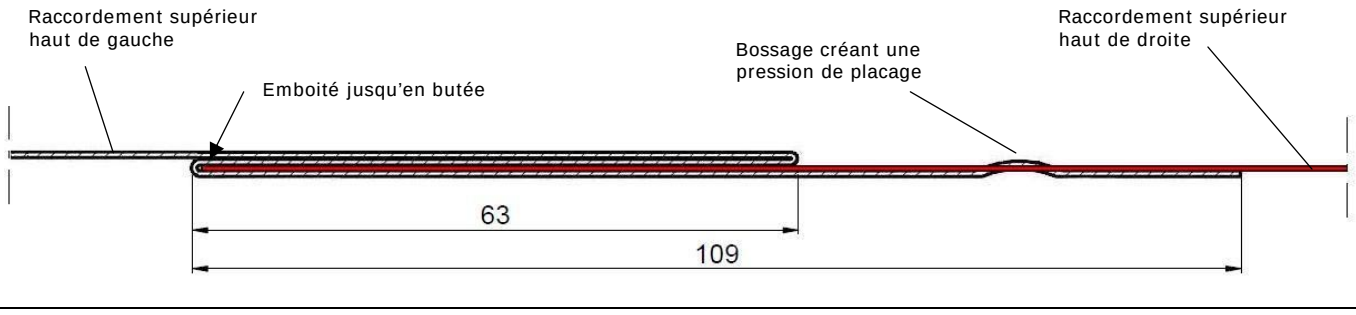


Figure 11 – Vue A : Emboîtement des raccordements supérieurs

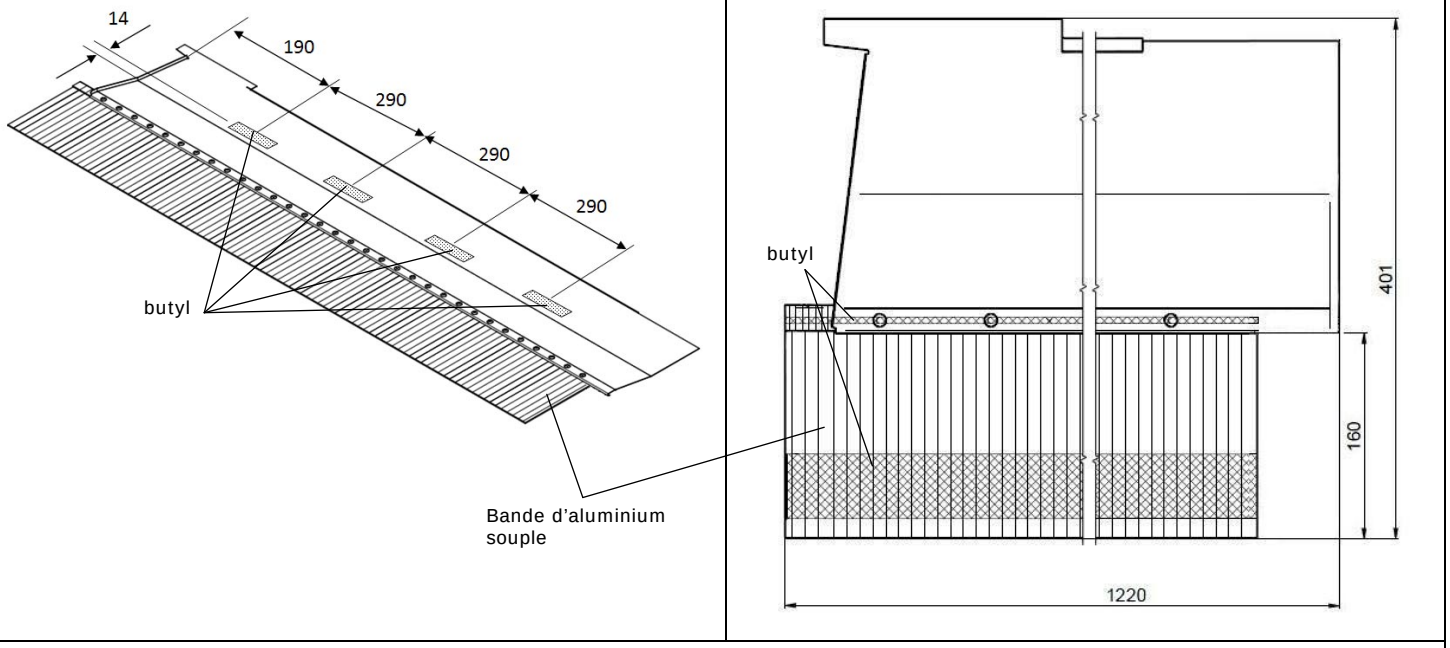


Figure 12 – Raccordement inférieur d'extrémité gauche

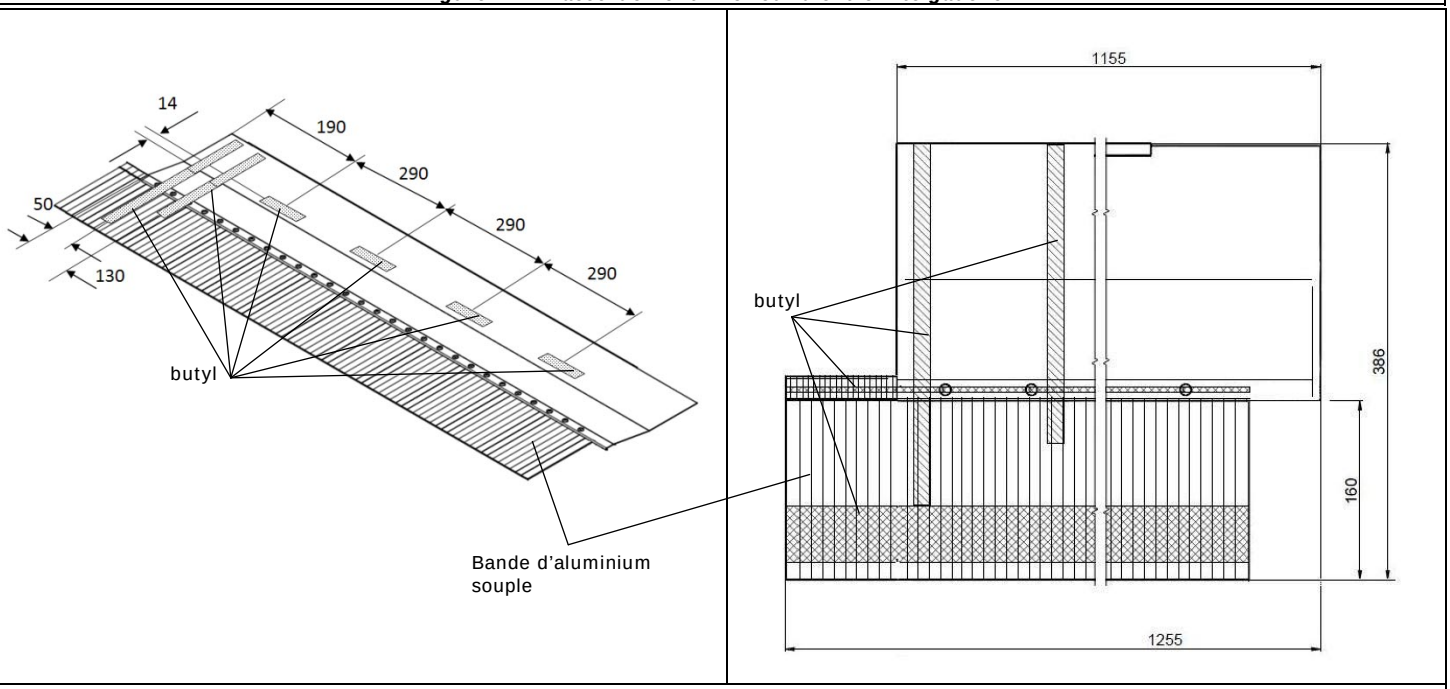


Figure 13 – Raccordement inférieur intermédiaire

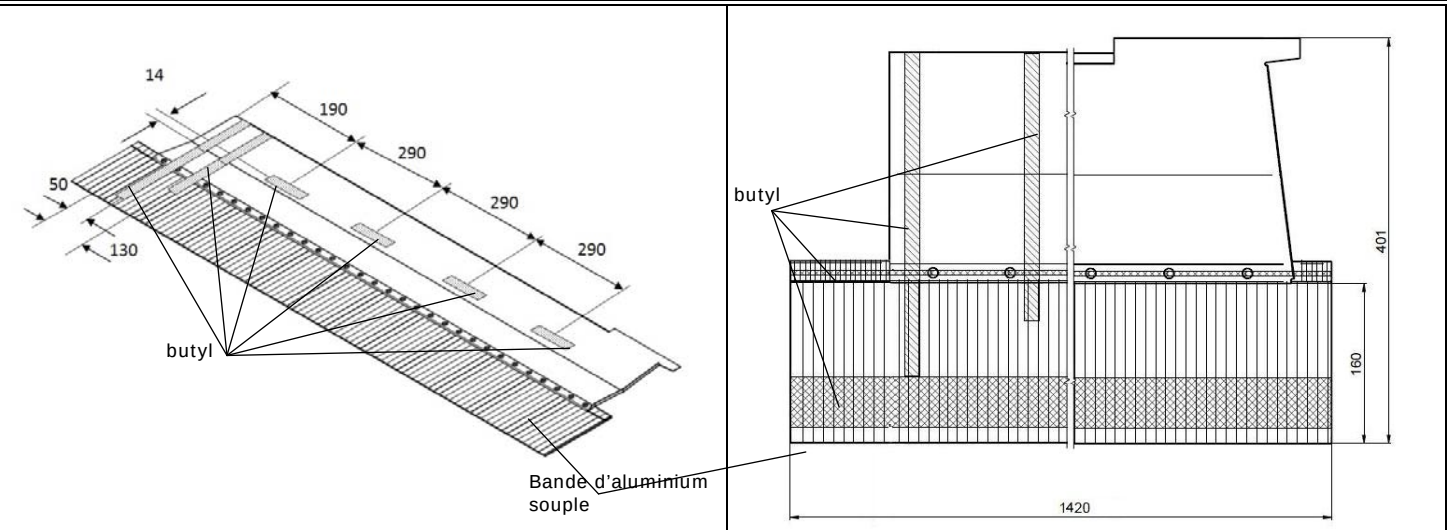


Figure 14 – Raccordement inférieur d'extrémité droite

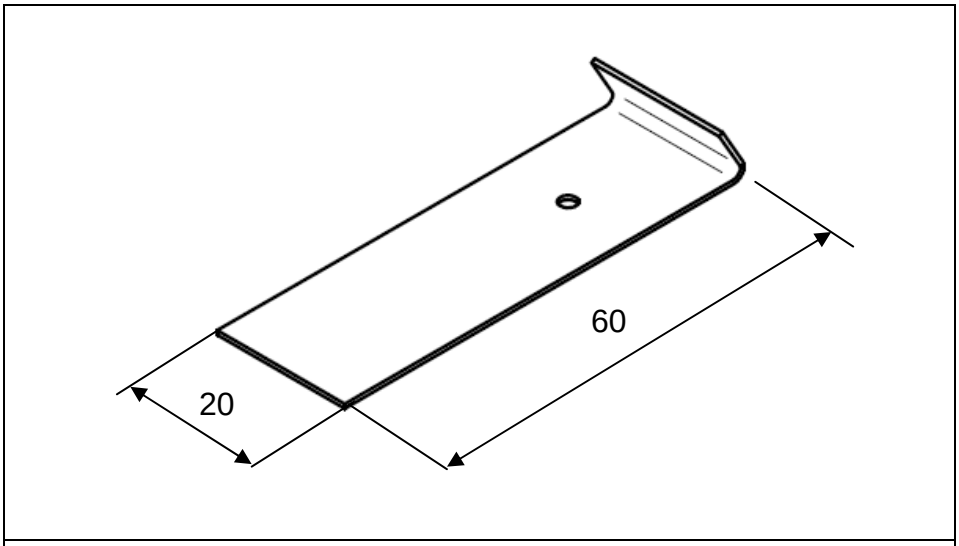


Figure 15 – Pattes de fixation des abergements

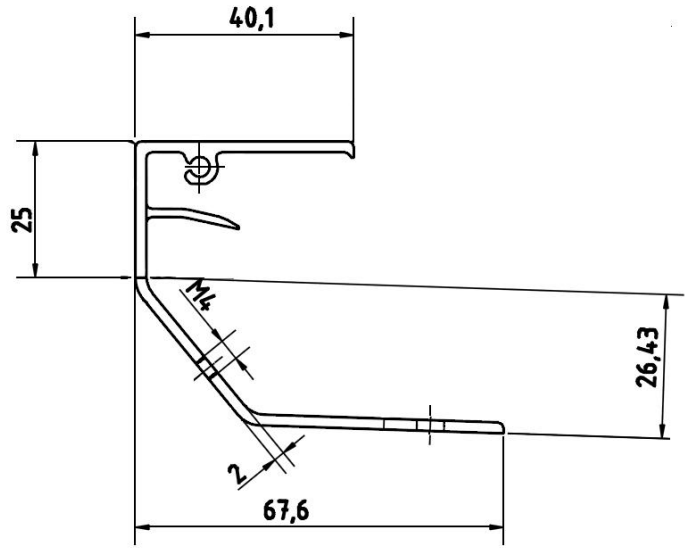


Figure 16 – Fixation faîtage

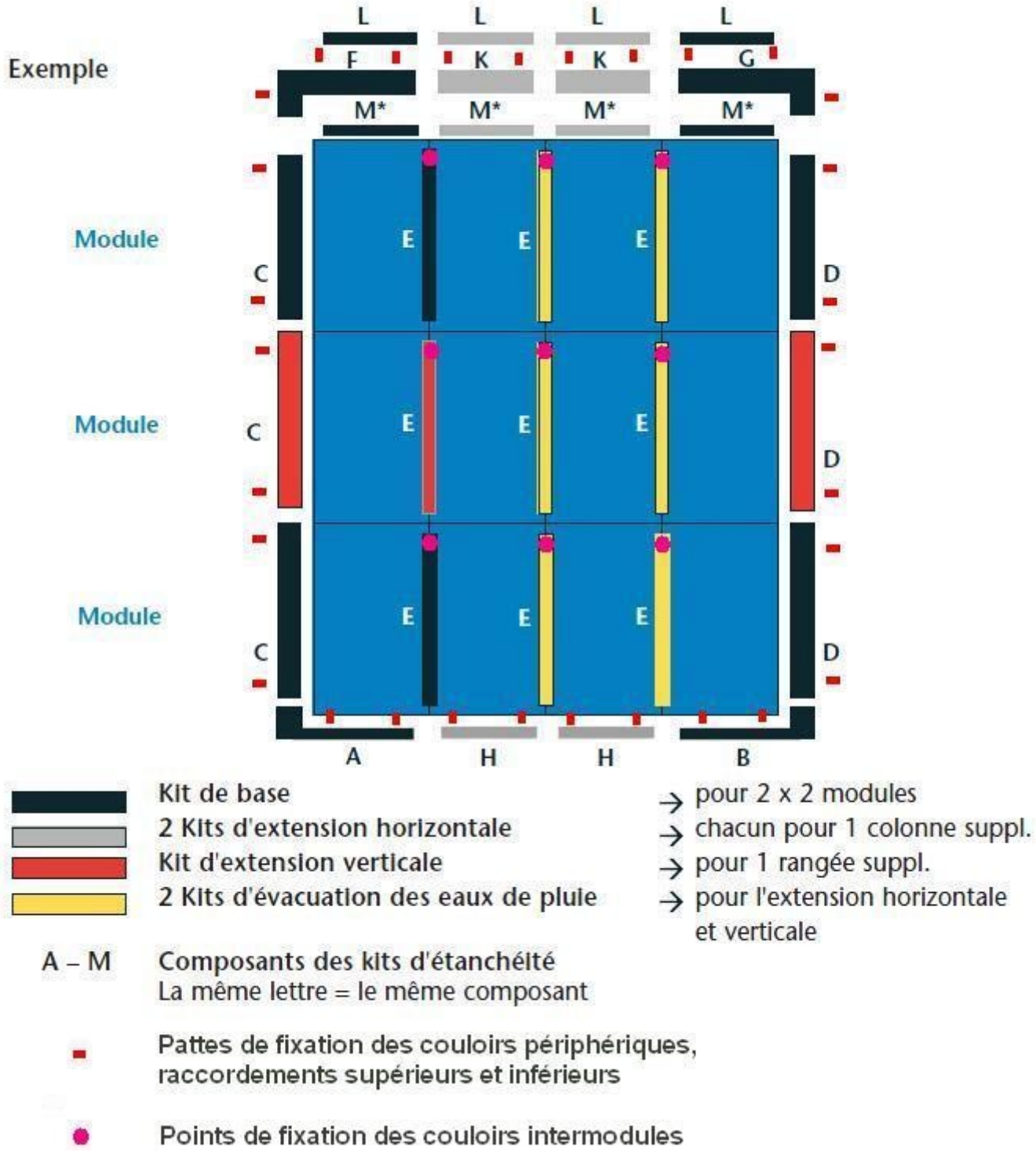


Figure 17 – Synoptique des raccordements d'étanchéité pour 3 x 4 modules

	Nombre de liteaux auxiliaires par rangé de module	X Entraxe entre la planche et le 1er liteau	Y Entraxe entre les liteaux
Liteaux auxiliaires 30x50	2	650	1 x 400
Liteaux auxiliaires 27x40	3	450	2 x 400
Liteaux auxiliaires 24x40	4	340	3 x 340
Liteaux auxiliaires 22x40	4	340	3 x 340

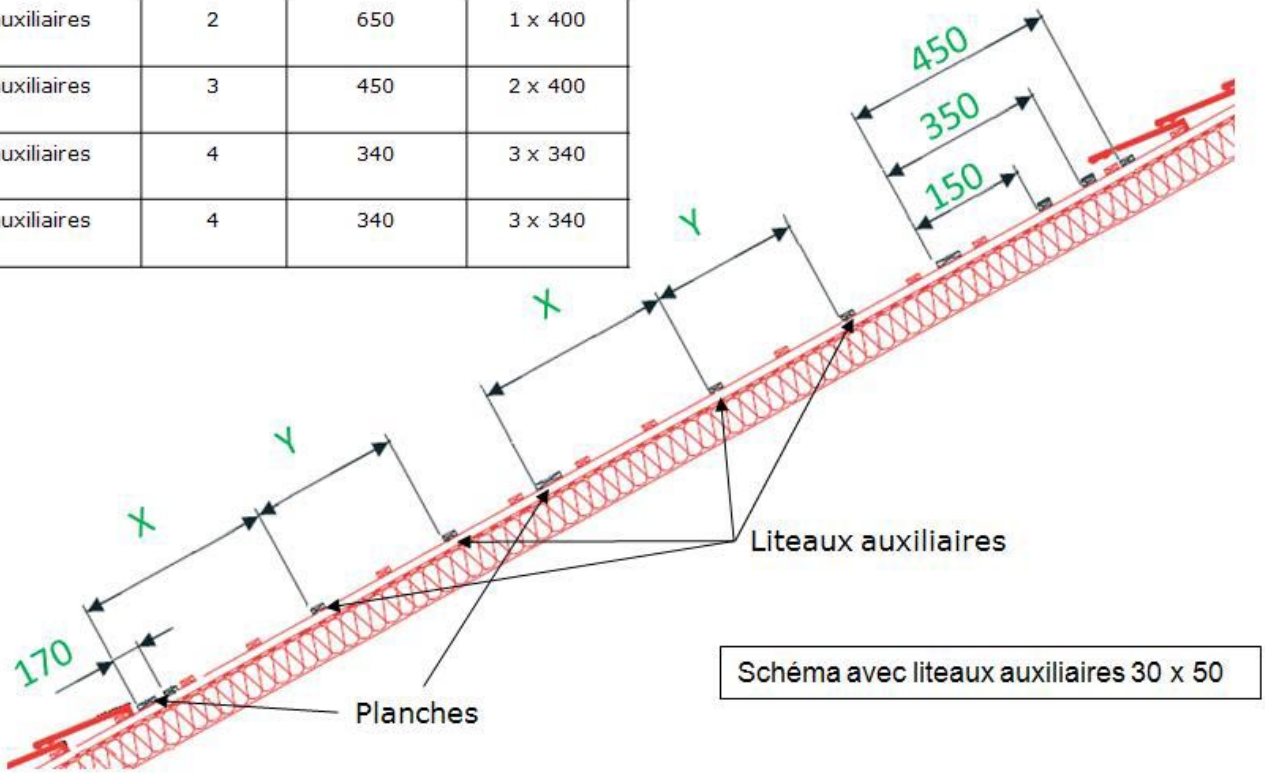


Figure 18 – Position des liteaux auxiliaires

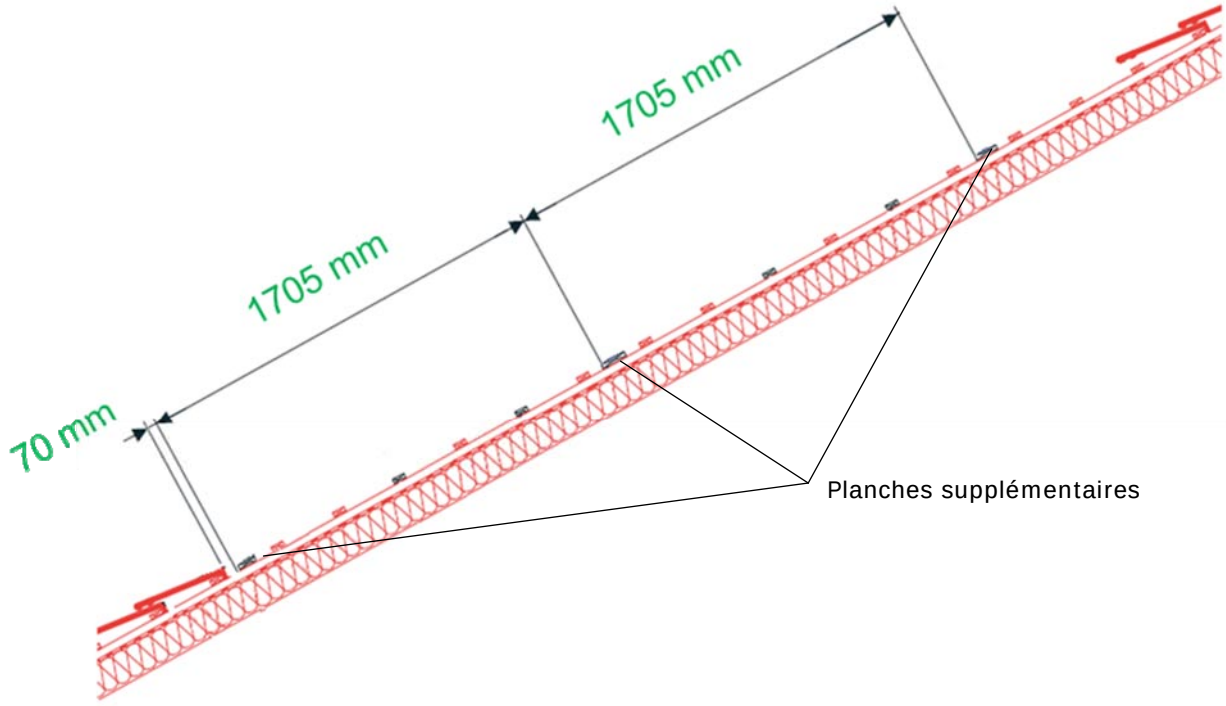


Figure 19 – Position des planches supplémentaires

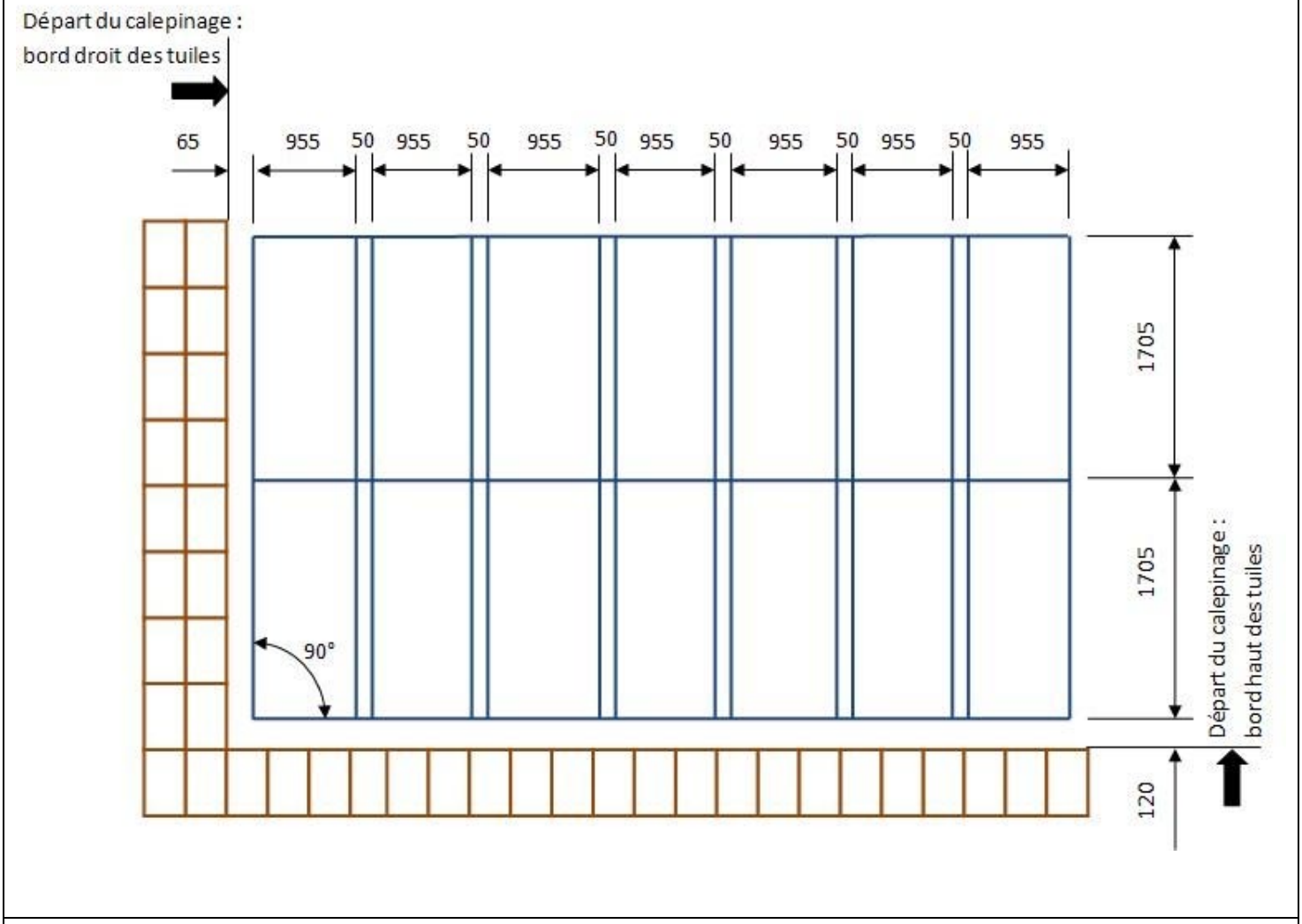


Figure 20 – Calepinage du procédé photovoltaïque

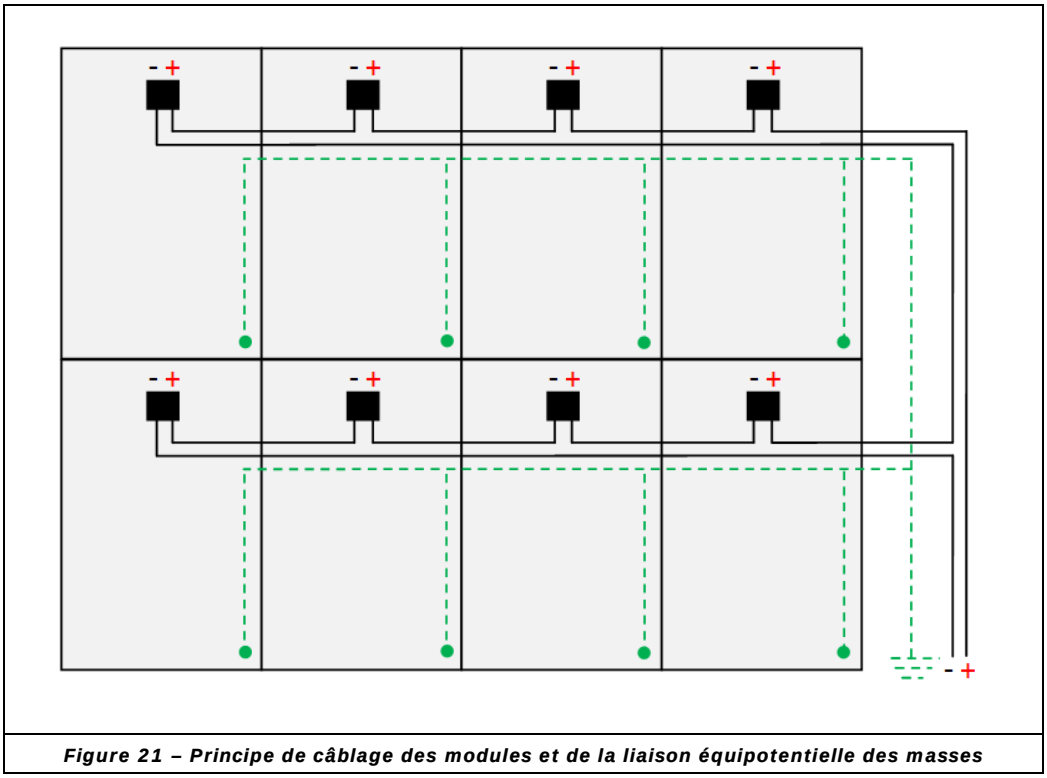


Figure 21 – Principe de câblage des modules et de la liaison équipotentielle des masses

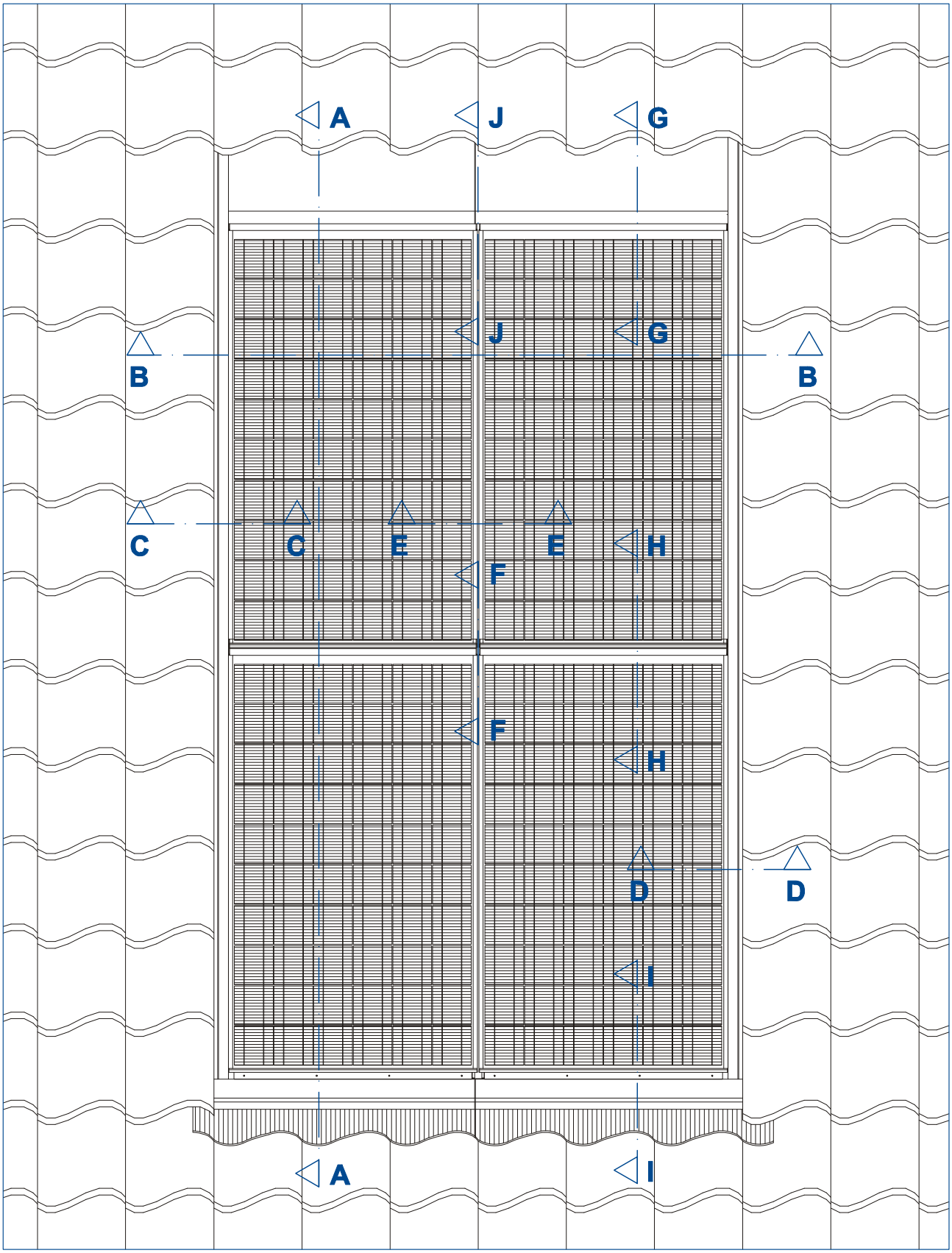
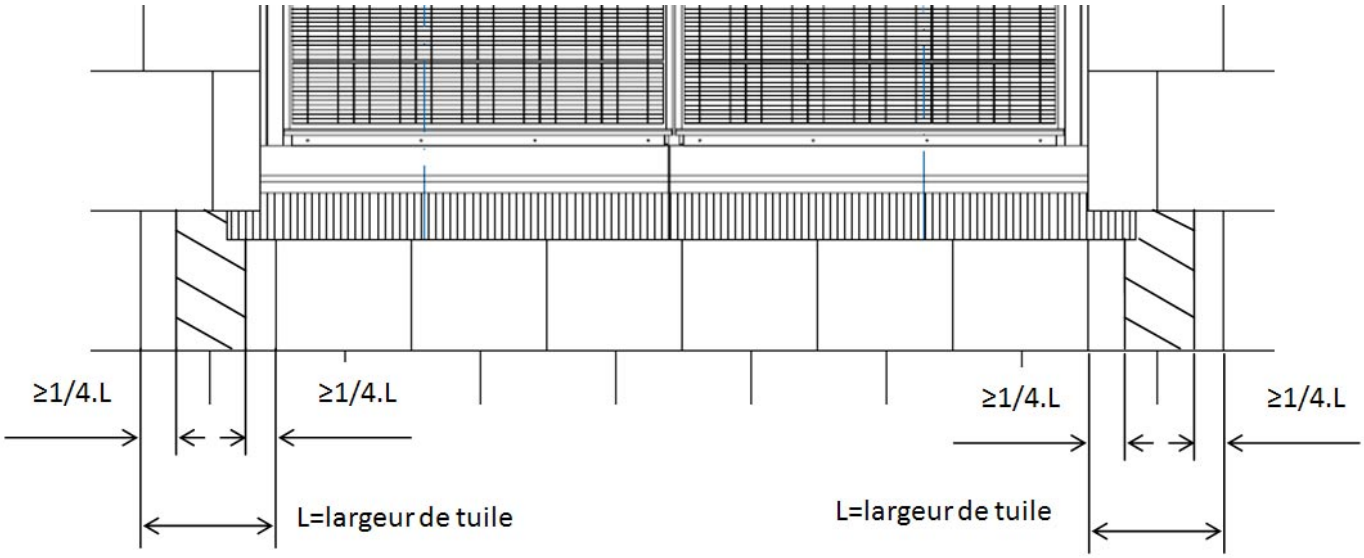
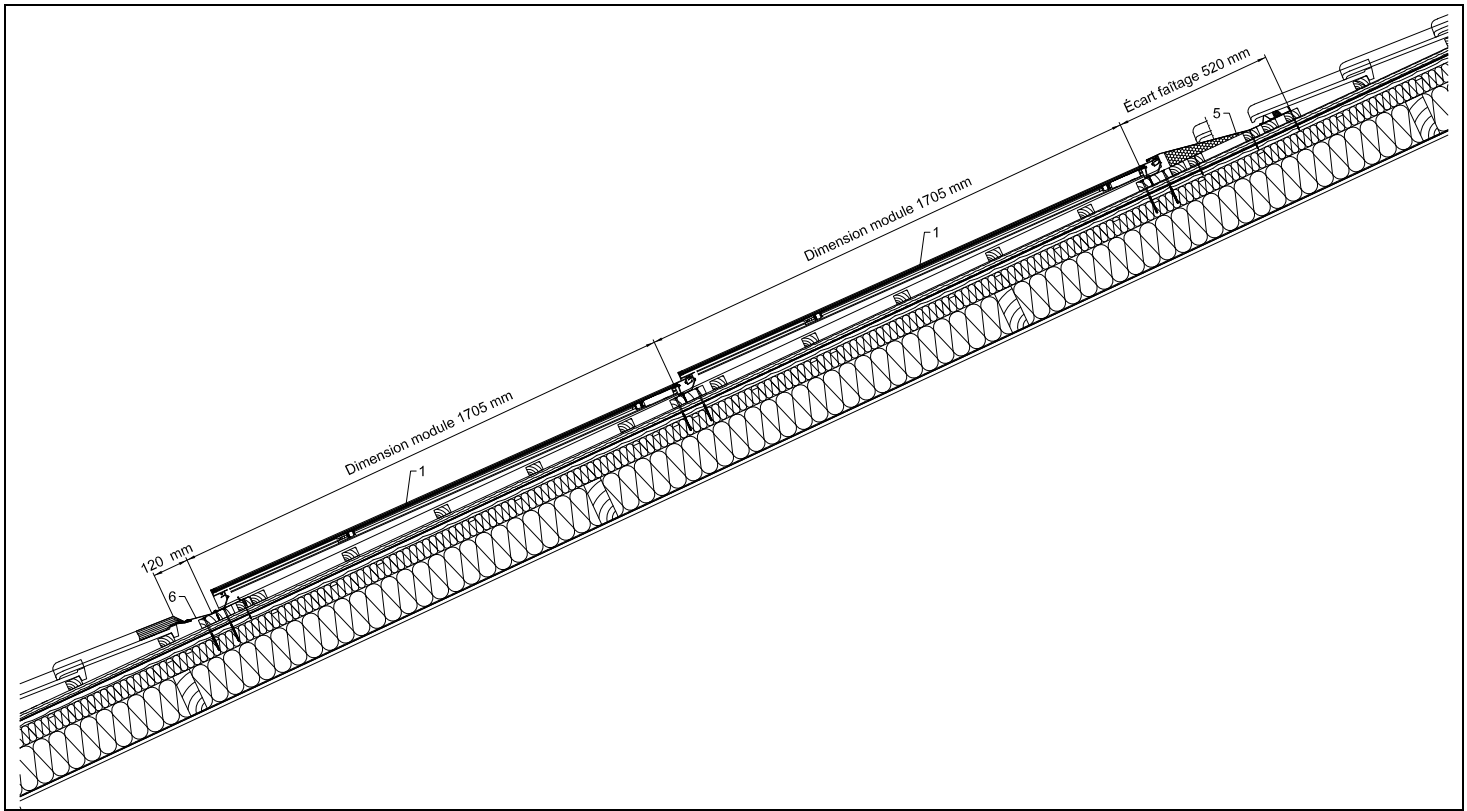


Figure 22 – Champ PV 2 x 2, vue de face



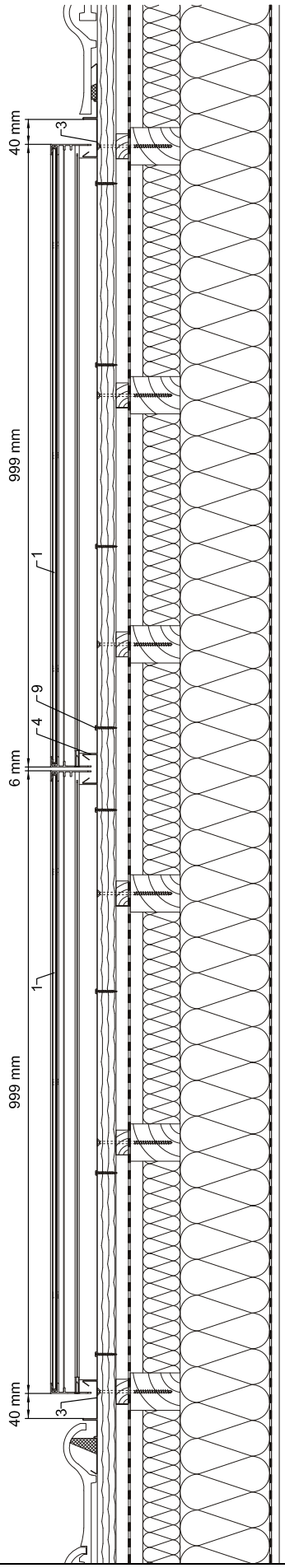
Les extrémités des raccordements inférieurs gauche et droit doivent être positionnées dans la zone hachurée

Figure 23 – Calepinage du champ photovoltaïque dans le cas de tuiles à emboîtement à pureau plat



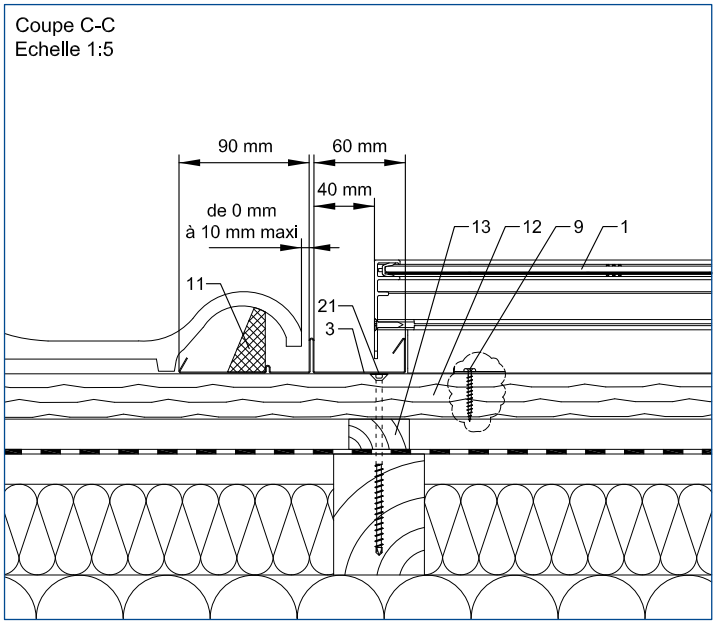
1-Module Indax, 5-Raccordement supérieur, 6-Raccordement inférieur

Figure 24 – Champ PV 2 x 2, coupe verticale A-A



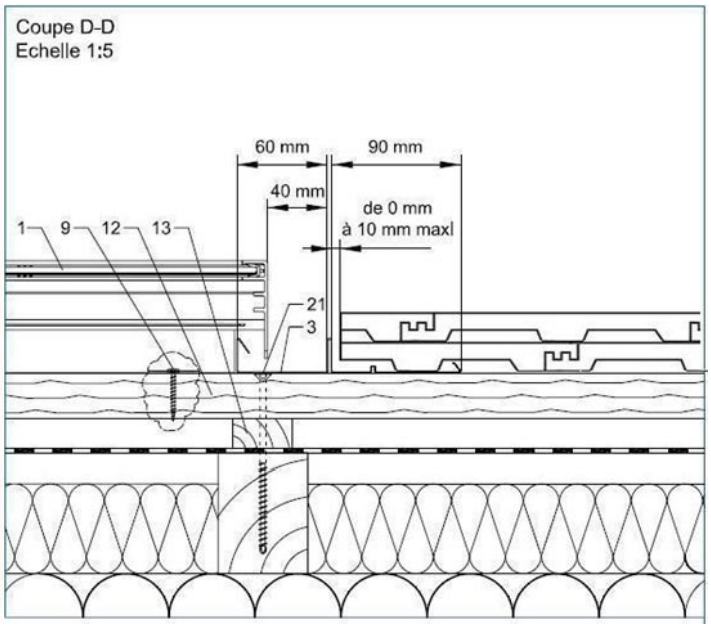
1-Module Indax, 3-Couloir périphérique, 4-Couloir inter-module, 9- Vis de fixation des modules 4,5 x 35 mm Panhead

Figure 25 – Champ PV 2 x 2, coupe horizontale B-B



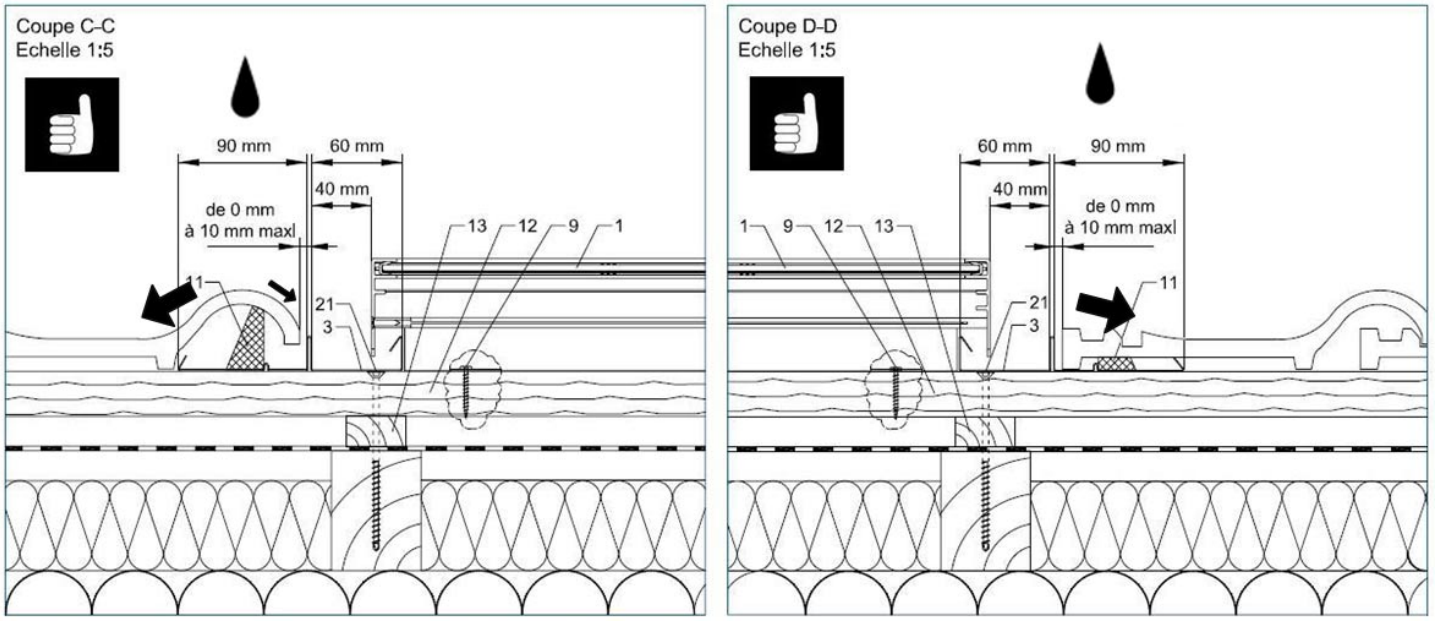
1-Module Indax, 3-Couloir périphérique, 9-Vis 4,5 x 35 mm Panhead,
11-Closoir mousse, 12-Planche, 13 Contre liteau, 21-Vis 6 x 120 mm

Figure 26 – Coupe C-C, bord gauche de l'installation PV en association avec des tuiles à relief



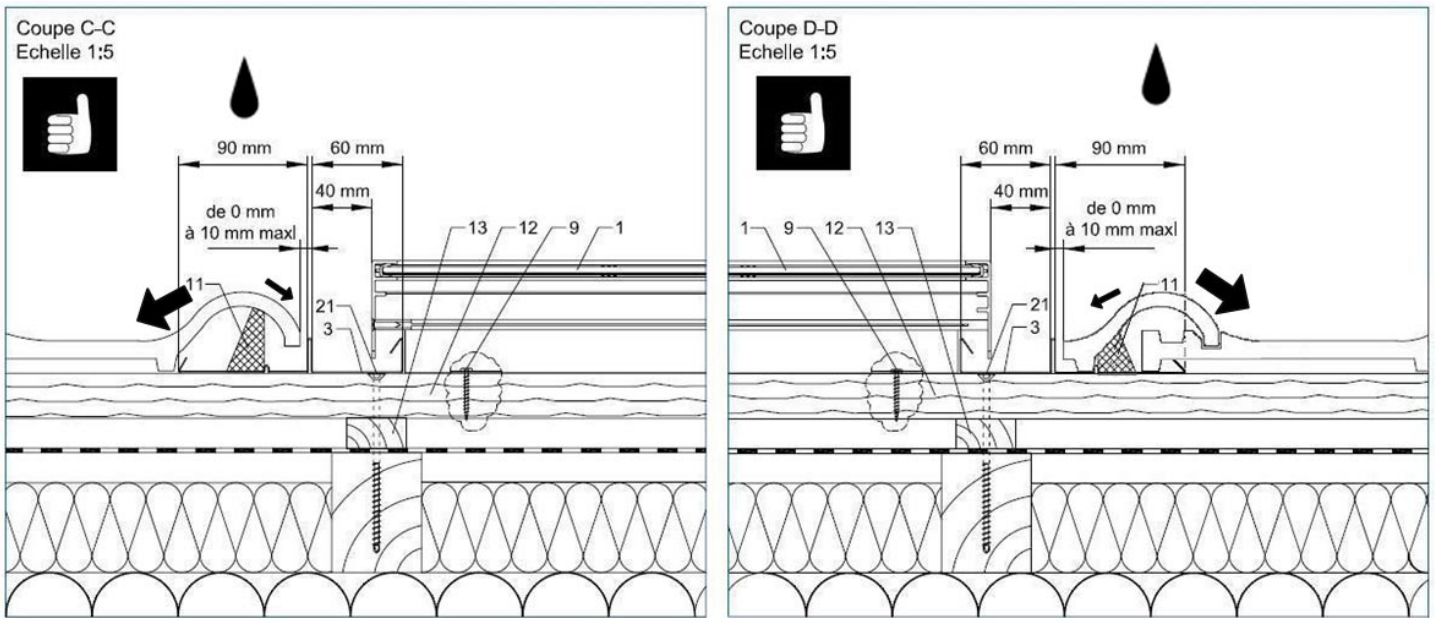
1-Module Indax, 3-Couloir périphérique, 9-Vis 4,5 x 35 mm Panhead,
11-Closoir mousse, 12-Planche, 13-Contre liteau, 21-Vis 6 x 120 mm

Figure 27 – Coupe D-D, bord droit de l'installation PV en association avec des tuiles à emboîtement à pureau plat



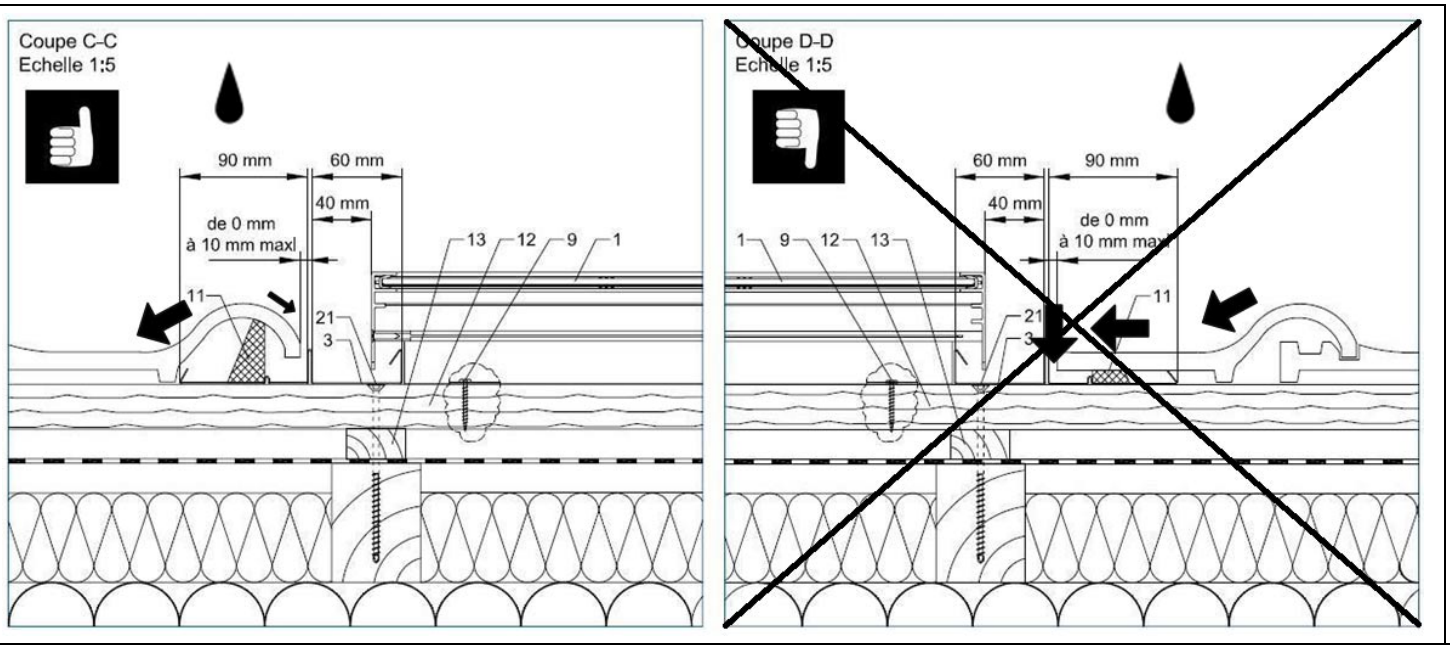
1-Module Indax, 3-Couloir périphérique, 9-Vis 4,5 x 35 mm Panhead,
11-Closoir mousse, 12-Planche, 13 Contre liteau, 21-Vis 6 x 120 mm

Figure 28 – Coupe C-C et D-D, exemple de calepinage du bord gauche et droit de l'installation PV – position correcte des tuiles



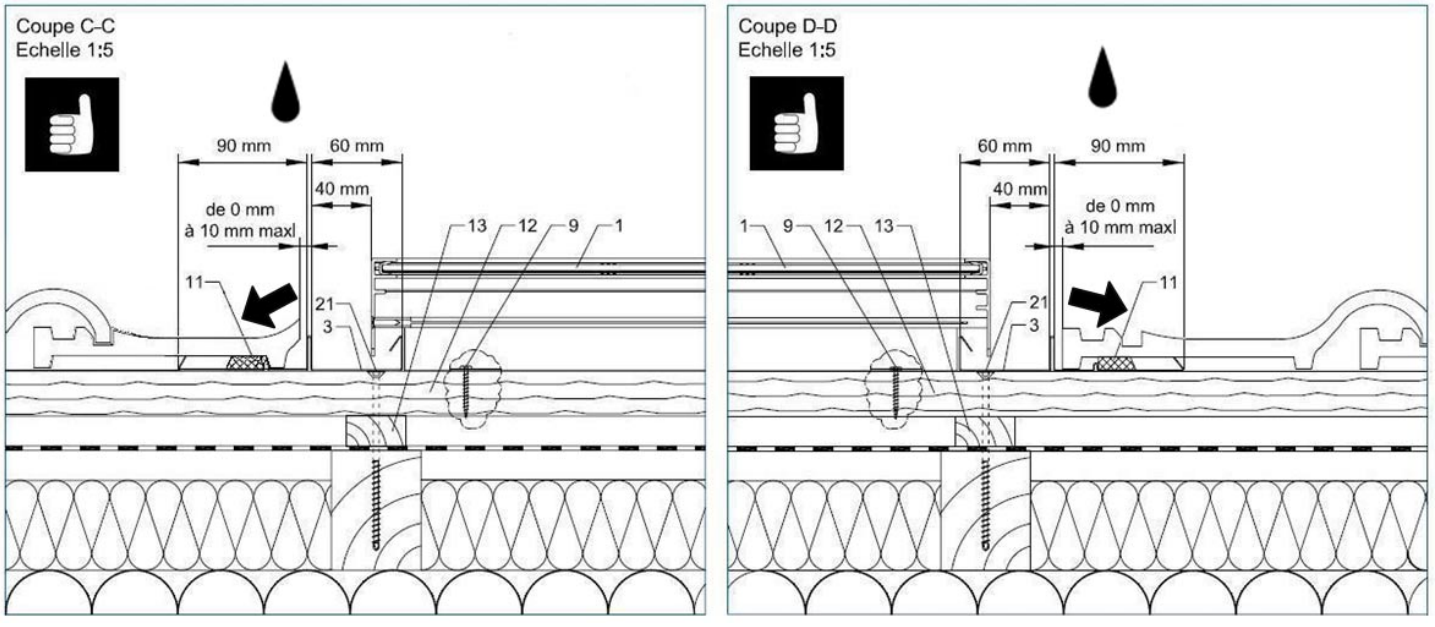
1-Module Indax, 3-Couloir périphérique, 9-Vis 4,5 x 35 mm Panhead,
11-Closoir mousse, 12-Planche, 13-Contre liteau, 21-Vis 6 x 120 mm

Figure 29 – Coupe C-C et D-D, exemple de calepinage du bord gauche et droit de l'installation PV – coupe correcte des tuiles



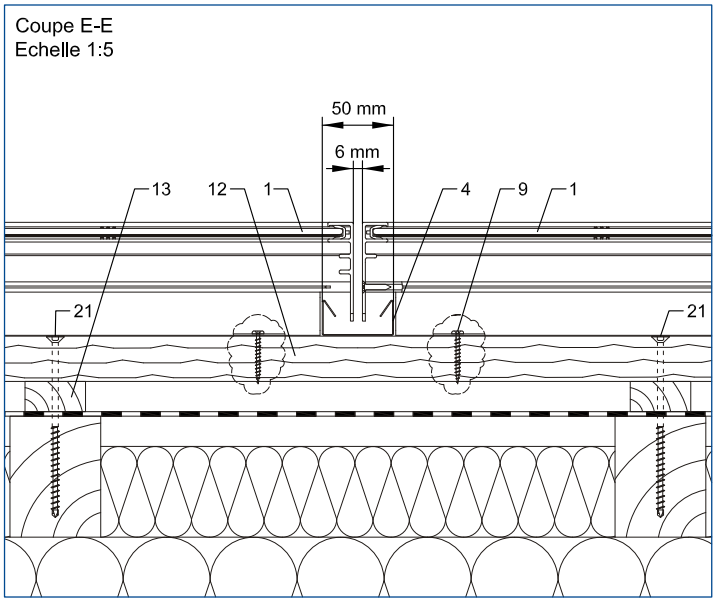
1-Module Indax, 3-Couloir périphérique, 9-Vis 4,5 x 35 mm Panhead,
11-Closoir mousse, 12-Planche, 13-Contre liteau, 21-Vis 6 x 120 mm

Figure 30 – Coupe C-C et D-D, exemple de calepinage du bord gauche et droit de l'installation PV - coupe <u>non correcte</u> des tuiles



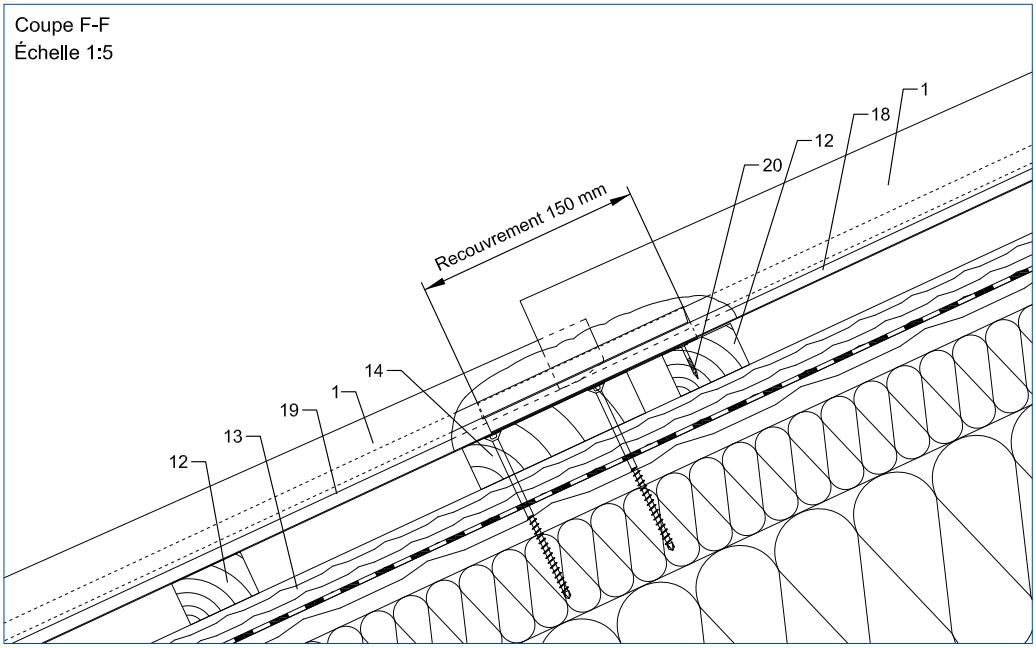
1-Module Indax, 3-Couloir périphérique, 9-Vis 4,5 x 35 mm Panhead,
11-Closoir mousse, 12-Planche, 13-Contre liteau, 21-Vis 6 x 120 mm

Figure 31 – Coupe C-C et D-D, exemple de calepinage du bord gauche et droit de l'installation PV - coupe correcte des tuiles



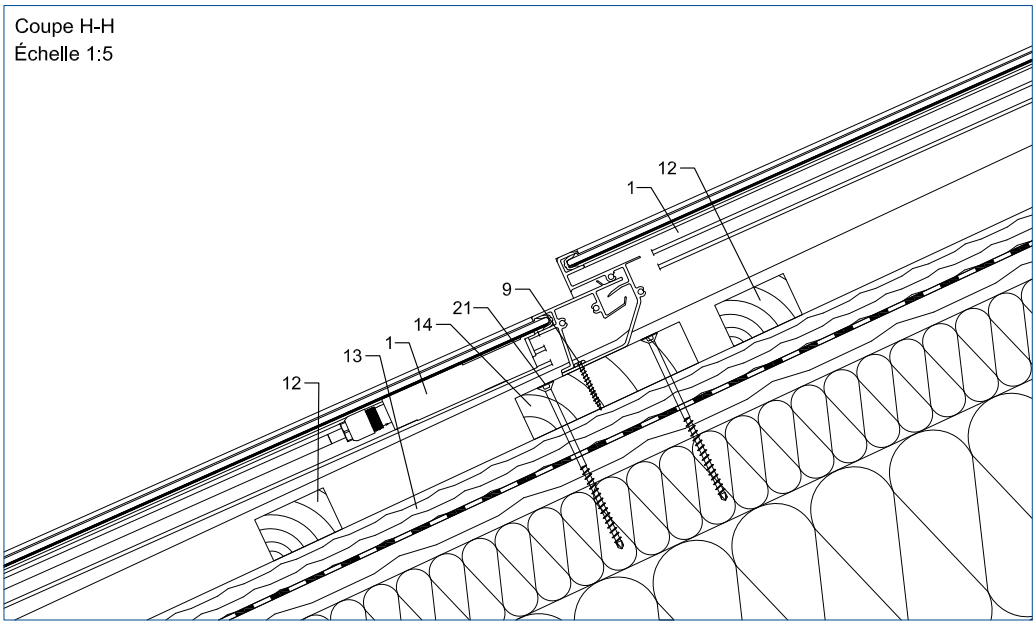
1-Module Indax, 4-Couloir inter-module, 9-Vis 4,5 x 35 mm Panhead, 12-Planche, 13 Contre liteau, 21-Vis 6 x 120 mm

Figure 32 – Coupe E-E, liaison entre modules



1-Module Indax, 12-Liteau, 13 Contre liteau, 14-Planche supplémentaire, 18- Couloir intermodules haut, 19- Couloir intermodules bas, 20-Pointe

Figure 33 – Coupe F-F, recouvrement couloir intermodules



1-Module Indax, 9-Vis 4,5 x 35 Panhead, 12-Liteau, 13-Contre liteau, 14-Planche supplémentaire, 21-Vis 6 x 120 mm

Figure 34 – Coupe H-H, liaison entre modules

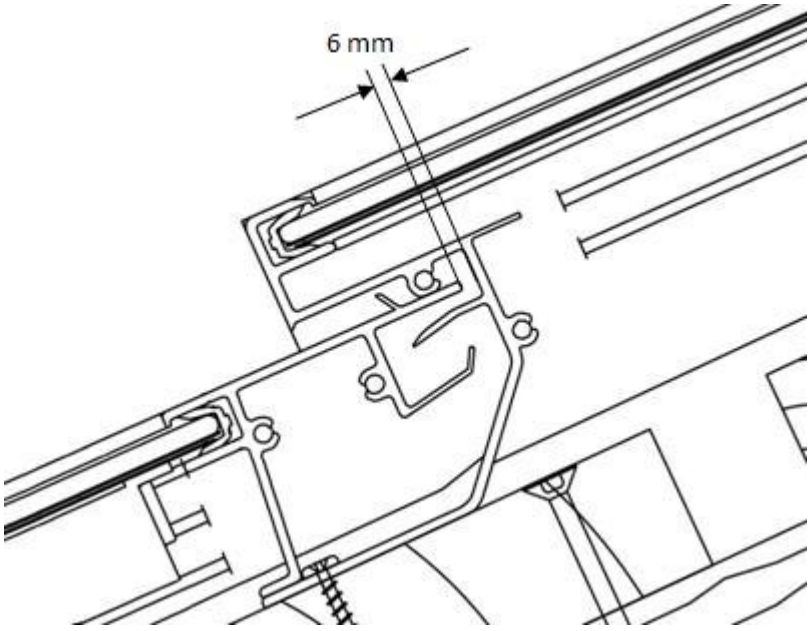
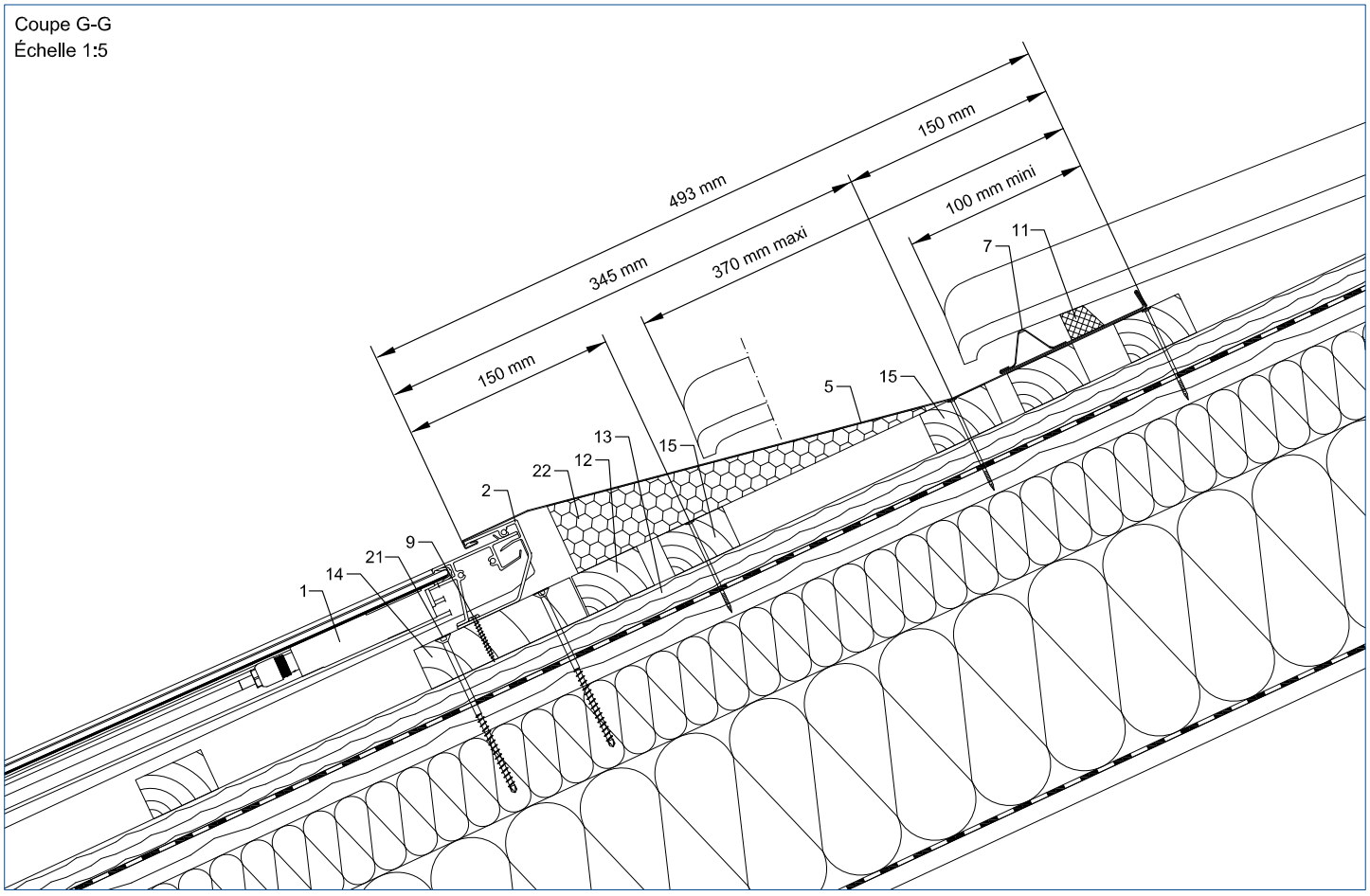
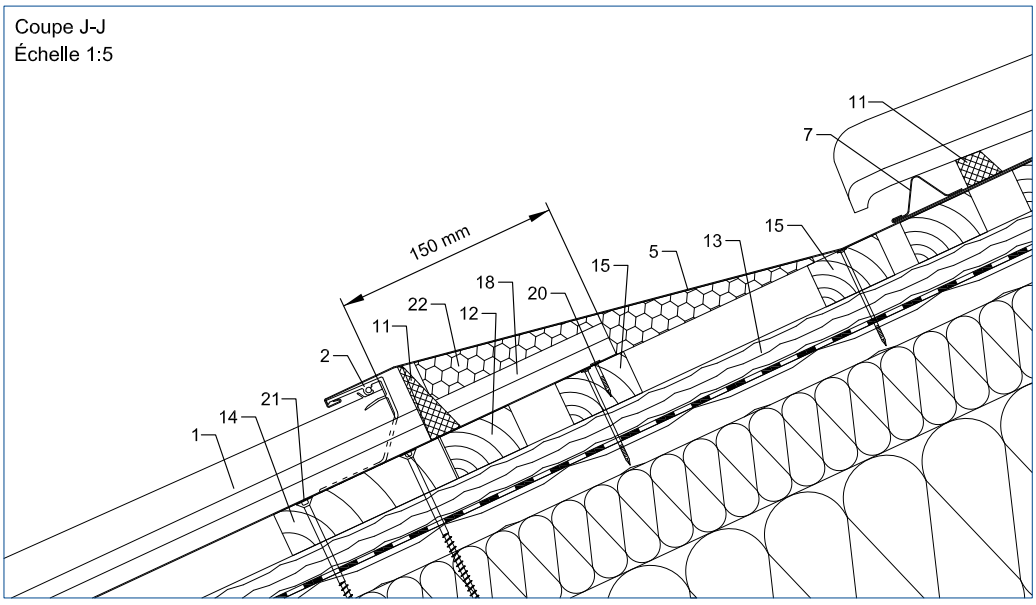


Figure 35 – Zoom sur emboîtement modules



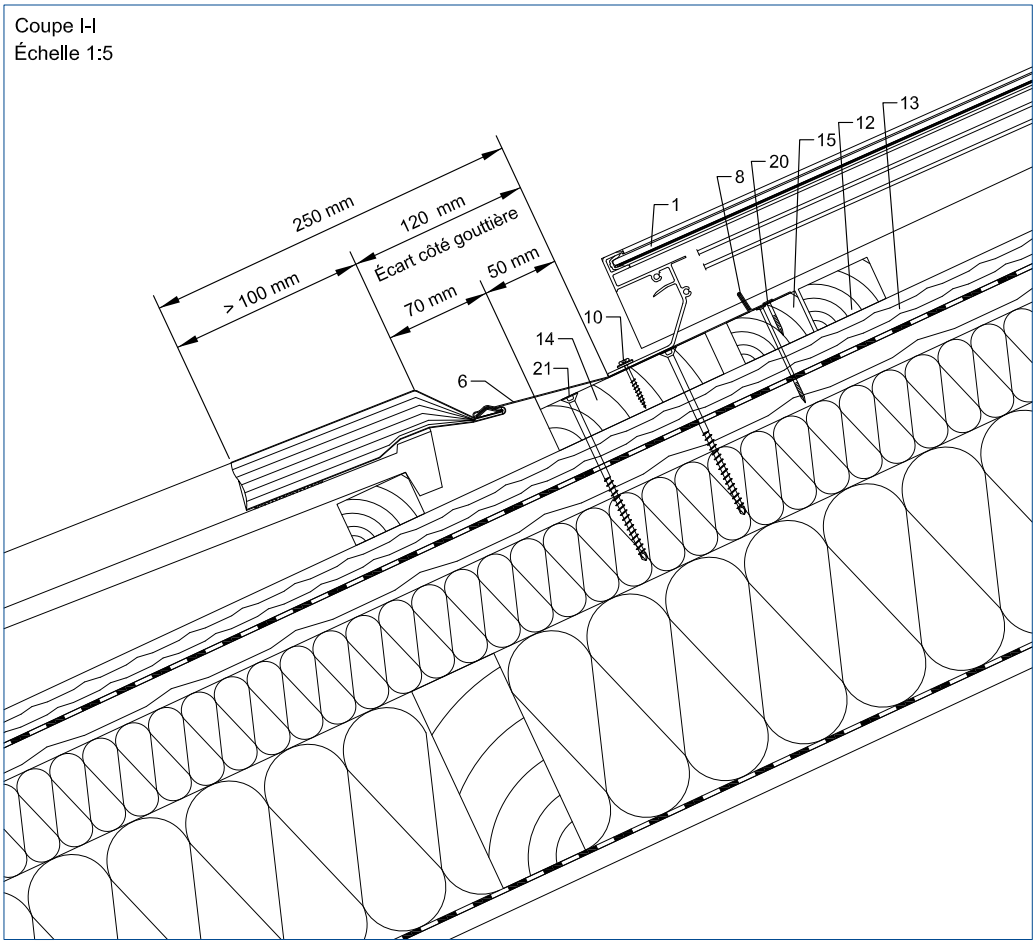
1-Module Indax, 2-Fixation faîtage, 5-Raccordement supérieur, 7- Support de tuiles, 9-Vis 4,5x35 Panhead, 11-Closoir mousse, 12-Liteau, 13 Contre liteau, 14-Planche supplémentaire, 15-Liteaux auxiliaires, 21-Vis 6 x 120 mm, 22-polystyrène

Figure 36 – Coupe G-G, raccordement supérieur



1-Module Indax, 2-Fixation faîtage, 5-Raccordement supérieur, 7- Support de tuiles, 11-Closoir mousse, 12-Liteau, 13 Contre-liteau, 14-Planche supplémentaire, 15-Liteau auxiliaire, 18-Couloir intermodules haut, 21-Vis 6 x 120 mm, 22-polystyrène

Figure 37 – Coupe J-J, raccordement supérieur et couloir intermodules



1-Module Indax, 6-Raccordement inférieur, 8-Patte de fixation, 10-Vis 4,5x35 et rondelle étanche, 12-Liteau, 13-Contre liteau, 14-planche supplémentaire, 15-Liteau auxiliaire, 20-Pointe, 21-Vis 6 x 120 mm

Figure 38 – Coupe I-I, Raccordement inférieur

Figure 39 – Repli raccordement inférieur sur couloir périphérique